
ÉTAT DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

AU 1^{er} JANVIER 1956.

SCIENCES MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUES

SECTION I^{re}. — Géométrie.

MM.

- HADAMARD (*Jacques-Salomon*), G. O. ✱.
BOREL (*Félix-Édouard-Justin-Émile*), G. C. ✱, ✎, ✎.
JULIA (*Gaston-Maurice*), G. O. ✱, ✎.
MONTEL (*Paul-Antoine*), G. O. ✱.
DENJOY (*Arnaud*), O. ✱.
GARNIER (*Édouard-Louis-Marie-René*), O. ✱.

SECTION II. — Mécanique.

- VILLAT (*Henri-René-Pierre*), C. ✱.
CAQUOT (*Albert-Irénée*), G. C. ✱, ✎.
PÉRÈS (*Joseph-Jean-Camille*), C. ✱.
BEGHIN (*Henri*), C. ✱.
ROY (*Paul-Mary-Ferdinand-Maurice*), C. ✱.
LERAY (*Jean*), ✱.

SECTION III. — Astronomie.

- MAURAIN (*Charles*), G. O. ✱.
FAYET (*Gaston-Jules*), O. ✱.
DANJON (*André-Louis*), C. ✱, ✎.
BAILLAUD (*Jules*), O. ✱, ✎.
COUDER (*André-Joseph-Alexandre*), O. ✱.
DARMOIS (*Georges-Ernest*), O. ✱, ✎.

SECTION IV. — Géographie et Navigation.

- TILHO (*Jean-Auguste-Marie*), G. O. ✱, ✎.
DURAND-VIEL (*Georges-Edmond-Just*), G. C. ✱, ✎, ✎.
BARRILLON (*Émile-Georges*), C. ✱.
COT (*Donatien*), G. O. ✱.
POIVILLIERS (*Georges-Jean*), O. ✱, ✎.
.....

SECTION V. — *Physique.*

MM.

JOLIOT (*Frédéric*), C. ✱, ☿.CABANNES (*Jean*), C. ✱, ☿.RIBAUD (*Gustave-Marcel*) C. ✱, ☿.LEPRINCE-RINGUET (*Louis-Marie-Edmond*), O. ✱.DARMOIS (*Émile-Eugène*), O. ✱, ☿.PERRIN (*Francis-Henri-Jean-Siegfried*), O. ✱.

SCIENCES CHIMIQUES ET NATURELLES.

SECTION VI. — *Chimie.*BERTRAND (*Gabriel-Émile*), G. O. ✱.DELÉPINE (*Stéphane-Marcel*), C. ✱.LEBEAU (*Paul-Marie-Alfred*), C. ✱.PASCAL (*Paul-Victor-Henri*), C. ✱.DUFRAISSE (*Charles-Robert*), O. ✱.CHAUDRON (*Georges-Léon*), O. ✱, ☿.SECTION VII. — *Géologie.*JACOB (*Charles-François-Étienne*), C. ✱, ☿.MAUGUIN (*Charles-Victor*), O. ✱.GRANDJEAN (*François-Alfred*), O. ✱.FALLOT (*Paul*), ✱, ☿.PRUVOST (*Pierre-Eugène-Marie-Joseph*), O. ✱.

.....

SECTION VIII. — *Botanique.*BLARINGHEM (*Louis-Florimond*), C. ✱.CHEVALIER (*Auguste-Jean-Baptiste*), C. ✱.SOUÈGES (*Étienne-Charles-René*), O. ✱.HEIM (*Roger-Jean*), O. ✱, ☿.COMBES (*Raoul-Pierre-Émile*), O. ✱.HUMBERT (*Jean-Henri*), O. ✱, ☿.SECTION IX. — *Zoologie.*CAULLERY (*Maurice-Jules-Gaston-Corneille*), C. ✱.ROUBAUD (*Émile-Charles-Camille*), C. ✱.

MM.

WINTREBERT (*Paul Marie-Joseph*), ✱.FAGE (*Baptiste-Louis*), C. ✱.GRASSÉ (*Pierre-Paul*), O. ✱.CHAMPY (*Paul-Émile-Christian*), O. ✱, 1.

SECTION X. — Économie rurale.

MAYER (*André*), C. ✱.LEMOIGNE (*Maurice-Auguste*), O. ✱.GUINIER (*Marie-Joseph-Jean-Baptiste-Philibert*), C. ✱.DUJARRIC DE LA RIVIÈRE (*Auguste-René*), C. ✱, 1.FABRE (*René-Jean-Marie*), C. ✱.

.....

SECTION XI. — Médecine et Chirurgie.

PORTIER (*Paul*), C. ✱.BINET (*Léon-René*), G. C. ✱, 1.LAUBRY (*Charles*), G. O. ✱.GUILLAIN (*Georges-Charles*), C. ✱.BAZY (*Pierre-Jean-Louis*), C. ✱, 1.

.....

SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

BROGLIE (*Louis-Victor-Pierre-Raymond*, prince DE), G. O. ✱, pour les Sciences mathématiques et physiques.COURRIER (*Marie-Jules-Constant-Robert*), O. ✱, 1, pour les Sciences chimiques et naturelles.

ACADÉMICIENS LIBRES.

BROGLIE (*Louis-César-Victor-Maurice*, duc DE), G. O. ✱.GRAMONT (*Armand-Antoine-Auguste-Agénor*, duc DE), C. ✱.GUTTON (*Antoine-Marie-Camille*), C. ✱.DUCLAUX (*Jacques-Eugène*), O. ✱, 1.PÉRARD (*Albert-Gustave-Léon*), C. ✱, 1.RAMON (*Gaston-Léon*), G. O. ✱.HACKSPILL (*Louis-Jean-Henri*), O. ✱, 1.TRÉFOUËL (*Jacques-Gustave-Marie*), C. ✱.LACASSAGNE (*Antoine-Marcellin-Bernard*), O. ✱.DASSAULT (*Darius-Paul*), G. C. ✱, 1, 1.

MEMBRES NON RÉSIDANTS.

MM.

CAMICHEL (*Charles-Moïse*), C. ✱, au Cap Dorat, par Lavaur (Tarn).PICART (*Théophile-Luc*), C. ✱, à Floirac (Gironde).SERGENT (*Étienne-Louis-Marie-Edmond*), C. ✱, ✱, à Alger.BOUIN (*André-Pol*), O. ✱, à Vendresse (Ardennes).LEJAY (*Pierre*), O. ✱, ✱, à Paris.DEVAUX (*Henri-Edgard*), O. ✱, à Bordeaux.DUPOUY (*Gaston-Léopold*), O. ✱, à Toulouse.GUYÉNOT (*Émile-Louis-Charles*), ✱, à Genève (Suisse).NÉEL (*Louis-Eugène-Félix*), O. ✱, ✱, à Grenoble.ESCANDE (*Léopold-Charles-Marie-Jean-Baptiste*), ✱, à Toulouse.MALLEMANN (*René-Jean-Gérard-Henri DE*), ✱, à Nancy.

.....

APPLICATIONS DE LA SCIENCE A L'INDUSTRIE.ESNAULT-PELTERIE (*Robert-Albert-Charles*), O. ✱, à Genève (Suisse).PORTEVIN (*Albert-Marcel-Germain-René*), G. O. ✱, à Paris.CHEVENARD (*Pierre-Antoine-Jean-Sylvestre*), C. ✱, à Paris.DARRIEUS (*Georges-Jean-Marie-Eugène*), O. ✱, ✱, à Houilles (Seine-et-Oise).PARODI (*Hippolyte*), C. ✱, ✱, à Paris.PERRIN (*René-Marie-Victor*), O. ✱, à Paris.**ASSOCIÉS ÉTRANGERS.**BORDET (*Jules-Jean-Baptiste-Vincent*), G. C. ✱, à Bruxelles.LA VALLÉE POUSSIN (*Charles-Jean-Gustave-Nicolas DE*), C. ✱, à Uccle-Bruxelles.BOHR (*Niels Henrik David*), O. ✱, à Copenhague.ADAMS (*Walter Sydney*), à Pasadena (Californie).HAAS (*Wander Johannes DE*), O. ✱, à Leyde (Pays-Bas).RUSSELL (*Sir Edward John*), à Woodstock, Oxon (Angleterre).RAMAN (*Sir Chandrasekhara Venkata*), à Bangalore (Indes).KARRER (*Paul*), O. ✱, à Zurich (Suisse).SIEGBAHN (*Karl Manne Georg*), C. ✱, à Stockholm.KÁRMÁN (*Théodore DE*), O. ✱, à Pasadena, (Californie).

MM.

BRAGG (*Sir William Lawrence*), à Londres.SPENCER JONES (*Sir Harold*), à Hailsham, Sussex (Angleterre).WAKSMAN (*Selman Abraham*), C. ✱, à New Brunswick (New-Jersey).BERNSTEIN (*Serge*), à Moscou.HOUSSAY (*Bernardo Alberto*), O. ✱, à Buenos Aires.HOLMES (*Arthur*), à Edimbourg (Écosse).KEILIN (*David*), à Cambridge (Angleterre).GÄUMANN (*Ernst*), à Zurich.BLALOCK (*Alfred*), ✱, à Baltimore (Maryland).

.....

CORRESPONDANTS.

SCIENCES MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUES.

SECTION I^{re}. — Géométrie (10).

NÖRLUND (*Niels Erik*), C. ✱, à Copenhague.VINOGRADOV (*Ivan Matveevich*), à Moscou.POLYA (*George*), à Palo Alto (Californie).SIERPINSKI (*Waclaw*), O. ✱, à Varsovie.RIESZ (*Frederic*), à Budapest.FRÉCHET (*René-Maurice*), O. ✱, à Charmes-sur-Rhône (Ardèche).

.....

.....

.....

.....

SECTION II. — Mécanique (10).

ROY (*Louis-Maurice*), ✱, à Toulouse.THIRY (*René-Paul-Eugène*), O. ✱, à Malakoff (Seine).RIABOUCHINSKY (*Dimitri Pavlovitch*), à Paris.THULOUP (*Émile-Adrien-Albert*), C. ✱, à Grasse (Alpes-Maritimes).BOULIGAND (*Georges-Louis*), O. ✱, à Paris.TIMOSHENKO (*Stephen*), à Palo Alto (Californie).

MM.

TAYLOR (*Sir Geoffrey Ingram*), à Cambridge (Angleterre).COLONNETTI (*Gustavo*), O. ✱, à Rome.KAMPÉ DE FÉRIET (*Marie-Joseph*), O. ✱, à Lille.

.....

SECTION III. — *Astronomie* (10).BOSLER (*Jean*), O. ✱, à Marseille.HERTZSPRUNG (*Ejnar*), à Tølløse (Danemark).RUSSELL (*Henry Norris*), à Princeton (New Jersey).SHAPLEY (*Harlow*), à Cambridge (Massachusetts).STØRMER (*Fredrik Carl Mülertz*), à Vestre Aker (Norvège).STRATTON (*Frederick John Marrian*), ✱, à Cambridge (Angleterre).DAUVILLIER (*Alexandre-Henri-Georges*), à Bagnères (Hautes-Pyrénées).LINDBLAD (*Bertil*), à Stockholm.OORT (*Jan Hendrik*), à Leyde (Pays-Bas).

.....

SECTION IV. — *Géographie et Navigation* (10).VENING MEINESZ (*Felix Andries*), à Amersfoort (Pays-Bas).POISSON (*Victor-Marie-Augustin-Charles*), ✱, ✪, à Tananarive.KOCH (*Lauge*), O. ✱, à Copenhague.ROUCH (*Jules-Alfred-Pierre*), O. ✱, ✪, à Monaco.MONOD (*André-Théodore*), ✱, à Dakar.HAVELOCK (*Sir Thomas Henry*), à Newcastle on Tyne (Angleterre).LAMBERT (*Walter Davis*), à Canaan (Connecticut).PÉLISSIER (*Léon-Alexandre-Melchior*), O. ✱, à Sanary-sur-Mer (Var).BAULIG (*Henri*), O. ✱, à Strasbourg.COUTAGNE (*Aimé*), ✱, à Saint-Genis-Laval (Rhône).SECTION V. — *Physique* (10).TOWNSEND (*John Sealy*), ✱, à Oxford (Angleterre).HULUBEI (*Horia*), O. ✱, à Bucarest.FORTRAT (*René-Lucien*), ✱, à Grenoble.HENRIOT (*Émile-Jean-Charles*), O. ✱, ✪, à Boitsfort (Belgique).BLACKETT (*Patrick Maynard Stuart*), à Londres.ANDRADE (*Edward Neville da Costa*), ✱, à Londres.

MM.

FOËX (*Gabriel-Gustave*), ✱, ¶, à Strasbourg.

.....

SCIENCES CHIMIQUES ET NATURELLES.

SECTION VI. — *Chimie* (10).WALDEN (*Paul*), à Gammertingen (Allemagne).LOCQUIN (*Émile-René*), ✱, à Lyon.ROBINSON (*Sir Robert*), C. ✱, à Oxford (Angleterre).BRINER (*Émile*), ✱, à Genève.EULER-CHELPIN (*Hans Karl August Simon von*); à Stockholm.DESCH (*Cecil Henry*), à Londres.CORNUBERT (*Raymond-Alexandre-Louis*), O. ✱, à Nancy.BACKER (*Hilmar Johannes*), à Groningue (Pays-Bas).ANDRIEUX (*Jean-Lucien*), ✱, à Grenoble.

.....

SECTION VII. — *Géologie* (10).FOURMARIER (*Paul Frédéric Joseph*), ✱, à Liège (Belgique).DALY (*Reginald Aldworth*), à Cambridge (Massachusetts).DELÉPINE (*Gaston-Georges*), ✱, à Lille.PAULING (*Linus Carl*), à Pasadena (Californie).BESAIKIE (*Henri-Michel-Édouard*), ✱, à Tananarive (Madagascar).MORET (*Léon-Marie-Louis*), O. ✱, ¶, à Grenoble.ROYER (*Louis-Michel*), ✱, à Alger.READ (*Herbert Harold*), à Londres.

.....

SECTION VIII. — *Botanique* (10).PERRIER DE LA BÂTHIE (*Marie-Joseph-Henri-Alfred*), ✱, à Saint-Pierre-d'Albigny (Savoie).MERRILL (*Elmer Drew*), à Jamaica Plain (Massachusetts).BOULY DE LESDAIN (*Maurice-Léopold-Joseph*), à Lille.LITARDIÈRE (*René-Jean-Alexandre VERRIET DE*), ✱, à Mazières-en-Gâtine (Deux-Sèvres).

MM.

DANGEARD ((*Pierre-Jean-Louis*), O. ✱, ☼, à Bordeaux.EMBERGER (*Louis-Marie*), ✱, à Montpellier.MELIN (*Johannes Botvid Elias*), à Upsal (Suède).

.....

SECTION IX. — Zoologie (10).

PEYERIMHOFF DE FONTENELLE (*Marie-Paul DE*), O. ✱, à Paris.ANCEL (*Paul-Albert*), ✱, à Paris.BEAUCHAMP (*Charles-Alfred-Paul MARAIS DE*), ☼, à Paris.POLICARD (*Albert*), O. ✱, ☼, à Paris.HARRISON (*Ross Granville*), à New Haven (Connecticut).HUXLEY (*Julian Sorell*), à Londres.DAVYDOFF (*Constantin*), à Sceaux (Seine).VANDEL (*Albert-Pôl-Marie*), ✱, à Toulouse.DE BEER (*Sir Gavin Rylands*), ✱, à Londres.

.....

SECTION X. — Économie rurale (10).

TSCHERMAK VON SEYSENEGG (*Erich*), à Vienne (Autriche).HITIER (*Henri-Joseph-Robert*), G. O. ✱, à Revelles (Somme).WALLACE (*Thomas*), à Bristol (Angleterre).PALLMANN (*Hans Adolf*), à Zurich (Suisse).FLÜCKIGER (*Gottlieb*), à Berne (Suisse).JORET (*François-Louis-Georges-Jules*), O. ✱, à Amiens.MIÈGE (*Émile*), O. ✱, ☼, à Rabat (Maroc).CURASSON (*Georges-Maurice-Charles*), O. ✱, à Poligny (Jura).GAUSSEN (*Henri-Marcel*), ✱, à Toulouse.

.....

SECTION XI. — Médecine et Chirurgie (10).

HOLMGREN (*Israël*), C. ✱, à Stockholm.REMLINGER (*Paul-Ambroise*), C. ✱, à Tanger (Maroc).BÉRARD (*Léon-Eugène*), C. ✱, à Lyon.GALLAVARDIN (*Louis-Bénédict*), ✱, à Lyon.ADRIAN (*Edgar Douglas*), ✱, à Cambridge (Angleterre).

MM.

HEYMANS (*Corneille Jean François*), à Gand (Belgique).MOURIQUAND (*Georges-Émile-Jean-Achille-Paul*), O. ✱, à Lyon.

.....

.....

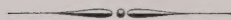
.....

SECTION XII. — *Sections des Académiciens libres
et des Applications de la science à l'industrie (10).*

WESTGREN (*Arne Fredrik*), à Stockholm.DEHALU (*Marcel Jacques Joseph*), C. ✱, à Visé (Belgique).LANGMUIR (*Irving*), à Schenectady (New York).BRONK (*Detlev Wulf*), à New York.TIMMERMANS (*Jean Émile Charles*), à Boitsfort (Bruxelles).TISELIUS (*Arne Wilhelm Kaurin*) O. ✱, à Uppsala (Suède).CHERWELL (*Frederick Alexander LINDEMANN*, Lord), à Oxford (Angleterre).CASSINIS (*Gino*), à Milan (Italie).

.....

.....



COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 4 JANVIER 1956.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS FAGE, PUIS DE M. ARMAND DE GRAMONT.

M. le **PRÉSIDENT** annonce le décès, survenu à Cassis-sur-mer (Bouches-du-Rhône), le 28 décembre 1955, de M. **RENÉ LERICHE**, Membre de la Section de médecine et chirurgie. Il invite l'Académie à se recueillir en silence pendant quelques instants, en signe de deuil.

L'allocution nécrologique d'usage sera lue en la présente séance par M. **LOUIS BAZY**.

M. **LOUIS FAGE**, Président, fait connaître à l'Académie l'état où se trouve l'impression des Recueils qu'elle publie et les changements survenus parmi les Membres, les Associés étrangers et les Correspondants pendant le cours de l'année 1955.

État de l'impression des Recueils de l'Académie au 1^{er} janvier 1956.

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie. — Les fascicules de l'année 1955 ont paru chaque semaine régulièrement.

Les Tables des tomes 236 et 237 (1^{er} et 2^e semestres de l'année 1953) sont parues et ont été mises en distribution. Les Tables du tome 238 (1^{er} semestre de 1954) sont en pages, celles du tome 239 (2^e semestre de 1954) sont partiellement composées, celles des tomes 240 et 241 (1955) sont sur fiches.

Le volume des Tables générales pour la période 1941-1955, *Auteurs*, est en préparation.

Notices et discours. — Le tome 3 paraîtra prochainement.

Procès-verbaux des séances de l'Académie des Sciences, tenues depuis la fondation de l'Institut jusqu'au mois d'août 1835.

Un volume de Tables générales est à l'impression.

Annuaire de l'Académie. — L'Annuaire pour 1956 a paru; il est mis en distribution au cours de la présente séance.

Membres décédés depuis le 1^{er} janvier 1955.

Section d'Astronomie. — M. **JEAN CHAZY**, le 9 mars, à Paris.

Section de Géographie et Navigation. — M. **EMMANUEL DE MARTONNE**, le 24 juillet, à Sceaux (Seine).

Section de Géologie. — M. **ALBERT MICHEL-LÉVY**, le 2 mai, à Paris.

Section d'Économie rurale. — M. **MAURICE JAVILLIER**, le 15 juin, à Paris.

Section de Médecine et Chirurgie. — M. **RENÉ LERICHE**, le 28 décembre, à Cassis-sur-Mer.

Membres non résidants. — M. **PIERRE TEILHARD DE CHARDIN**, le 10 avril, à New York;

— M. **MAURICE GIGNOUX**, le 20 août, à Grenoble.

Associés étrangers. — Sir **ALEXANDER FLEMING**, le 11 mars, à Londres;

— M. **ALBERT EINSTEIN**, le 18 avril, à Princeton (New Jersey).

Membres élus depuis le 1^{er} janvier 1955.

Section d'Astronomie. — M. **GEORGES DARMOIS**, le 21 novembre, en remplacement de M. **JEAN CHAZY**, décédé.

Section d'Économie rurale. — M. **RENÉ FABRE**, le 23 mai, en remplacement de M. **ALBERT DEMOLON**, décédé.

Membres non résidants. — M. **RENÉ DE MALLEMANN**, le 28 novembre, à Nancy, en remplacement de M. **PIERRE TEILHARD DE CHARDIN**, décédé.

Applications de la science à l'industrie. — M. **RENÉ PERRIN**, le 10 janvier, en remplacement de M. **RENÉ BARTHÉLEMY**, décédé.

Associés étrangers. — M. **THÉODORE DE KÁRMÁN**, à Pasadena (Californie), le 14 février;

- **SIR LAWRENCE BRAGG**, à Londres, le 14 février ;
 - **SIR HAROLD SPENCER JONES**, à Hailsham (Sussex), le 14 mars ;
 - **M. SELMAN A. WAKSMAN**, à New Brunswick (New Jersey), le 14 mars ;
 - **M. SERGE BERNSTEIN**, à Moscou, le 16 mai ;
 - **M. BERNARDO HOUSSAY**, à Buenos Aires, le 16 mai ;
 - **M. ARTHUR HOLMÈS**, à Édimbourg (Écosse), le 27 juin ;
 - **M. DAVID KEILIN**, à Cambridge (Angleterre), le 27 juin ;
- aux huit places créées par le décret du 25 août 1954.

— **M. ERNST GÄUMANN**, à Zurich, le 14 novembre, en remplacement de **M. ALBERT F. BLAKESLEE**, décédé.

— **M. ALFRED BLALOCK**, à Baltimore (Maryland), le 14 novembre, en remplacement de **SIR ALEXANDER FLEMING**, décédé.

Membres à remplacer.

Section de Géographie et Navigation. — **M. EMMANUEL DE MARTONNE**, mort à Sceaux (Seine), le 24 juillet 1955.

Section de Géologie. — **M. ALBERT MICHEL-LÉVY**, mort à Paris, le 2 mai 1955.

Section d'Économie rurale. — **M. MAURICE JAVILLIER**, mort à Paris, le 15 juin 1955.

Section de Médecine et Chirurgie. — **M. RENÉ LERICHE**, mort à Cassis-sur-Mer, le 28 décembre 1955.

Membres non résidants. — **M. MAURICE GIGNOUX**, mort à Grenoble, le 20 août 1955.

Associés étrangers. — **M. ALBERT EINSTEIN**, mort à Princeton (New Jersey), le 18 avril 1955.

Correspondants décédés depuis le 1^{er} janvier 1955 (1).

Pour la Section de Géométrie. — **M. HENRI DULAC**, le 2 septembre, à Fayence (Var).

— **M. HERMANN WEYL**, le 8 décembre, à Zurich.

(1) La mort de **M. ÉMILE MARCHAL**, Correspondant pour la Section d'Économie rurale, survenue à Woluwe-Saint-Lambert-Bruxelles, le 17 novembre 1954, n'ayant été signalée à l'Académie que le 21 février 1955, n'a pas figuré sur l'état du 1^{er} janvier 1955.

Pour la Section d'Astronomie. — M. **EUGÈNE DELPORTE**, le 19 octobre, à Uccle-Bruxelles.

Pour la Section de Physique. — M. **GEORGES REBOUL**, le 22 mai, à Montpellier.

Pour la Section de Chimie. — M. **CHARLES COURTOT**, le 25 février, à Nancy.

Pour la Section de Botanique. — M. **GUSTAVE NICOLAS**, le 29 janvier, à Toulouse;

— M. **PAUL BECQUEREL**, le 22 juin, à Évian (Haute-Savoie).

Correspondants élus depuis le 1^{er} janvier 1955.

Pour la Section d'Astronomie. — M. **JAN HENDRIK OORT**, le 6 juin, à Leyde (Pays-Bas), en remplacement de Sir **HAROLD SPENCER JONES**, élu Associé étranger.

Pour la Section d'Économie rurale. — M. **GEORGES CURASSON**, le 9 mai, à Poligny (Jura), en remplacement de M. **ANDRÉ DONATIEN**, décédé :

— M. **HENRI GAUSSEN**, le 27 juin, à Toulouse, en remplacement de M. **ÉMILE MARCHAL**, décédé.

Pour les Sections des Académiciens libres et des applications de la science à l'industrie. — M. **JEAN TIMMERMANS**, le 21 mars, à Boitsfort-Bruxelles, en remplacement de M. **EDWIN HUBBLE**, décédé ⁽¹⁾;

— M. **ARNE TISELIUS**, le 21 mars, à Uppsala (Suède), en remplacement de M. **MANNE SIEGBAUM**, élu Associé étranger ;

— Lord **CHERWELL**, le 13 juin, à Oxford (Angleterre) ;

— M. **GINO CASSINIS**, le 13 juin, à Milan (Italie) ;

à deux des places mises à la disposition des deux Sections le 22 février 1954.

Correspondants à remplacer.

Pour la Section de Géométrie. — M. **LEONARD EUGENE DICKSON**, mort à Harlingen (Texas), le 17 janvier 1954 ;

— M. **SERGE BERNSTEIN**, élu Associé étranger, le 16 mai 1955 ;

— M. **HENRI DULAC**, mort à Fayence (Var), le 2 septembre 1955.

— M. **HERMANN WEYL**, mort à Zurich, le 8 décembre 1955.

(1) Décision du 20 février 1950.

Pour la Section de Mécanique. — M. **THÉODORE DE KÁRMÁN**, élu Associé étranger, le 14 février 1955.

Pour la Section d'Astronomie. — M. **EUGÈNE DELPORTE**, mort à Uccle-Bruxelles, le 19 octobre 1955.

Pour la Section de Physique. — M. **ROBERT ANDREWS MILLIKAN**, mort à San Marino (Californie), le 20 décembre 1953 :

— M. **GEORGES REBOUL**, mort à Montpellier, le 22 mai 1955 ;

— M. **RENÉ DE MALLEMANN**, élu Membre non résidant, le 28 novembre 1955.

Pour la Section de Chimie. — M. **CHARLES COURTOT**, mort à Nancy, le 25 février 1955.

Pour la Section de Géologie. — M. **PIERRE PRUVOST**, élu Membre de la Section, le 24 mai 1954 ;

— Sir **LAWRENCE BRAGG**, élu Associé étranger, le 14 février 1955.

Pour la Section de Botanique. — M. **GUSTAVE NICOLAS**, mort à Toulouse, le 29 janvier 1955 ;

— M. **PAUL BECQUEREL**, mort à Évian (Haute-Savoie), le 22 juin 1955 ;

— M. **ERNST GÄUMANN**, élu Associé étranger, le 14 novembre 1955.

Pour la Section de Zoologie. — M. **DAVID KEILIN**, élu Associé étranger, le 27 juin 1955.

Pour la Section d'Économie rurale. — M. **SELMAN A. WAKSMAN**, élu Associé étranger, le 14 mars 1955.

Pour la Section de Médecine et Chirurgie. — Sir **ALEXANDER FLEMING**, élu Associé étranger, le 15 février 1954 ;

— M. **AUGUSTE LUMIÈRE**, mort à Lyon, le 10 avril 1954 ;

— M. **BERNARDO HOUSSAY**, élu Associé étranger, le 16 mai 1955.

Pour les Sections des Académiciens libres et des applications de la science à l'industrie. — Deux des places mises à la disposition de ces Sections le 22 février 1954 restent à pourvoir.

M. **LOUIS FAGE**, Président sortant, s'exprime en ces termes :

A cette sèche énumération, je désire ajouter quelques mots.

Vous avez pu remarquer que la couverture et l'emballage d'expédition des *Comptes rendus* ont été renforcés, et que, de ce fait, notre publication

arrive en meilleur état dans les Bibliothèques où les chercheurs ont à les consulter.

Cette amélioration est due, pour son origine, à la Direction des Relations culturelles au Ministère des Affaires Étrangères qui avait appelé notre attention sur son utilité et qui, pour l'année 1954, a versé à notre Éditeur l'indemnité compensatrice nécessaire.

L'amélioration a pu être maintenue en 1955 grâce à une majoration de la subvention que nous réserve le Centre National de la Recherche Scientifique.

C'est aussi grâce à celui-ci que, depuis quelques semaines, la limite de longueur des Notes a pu être relevée d'une manière appréciable.

Pour ces deux améliorations, je me permets d'exprimer notre reconnaissance à M. de Bourbon-Busset, Directeur des Relations culturelles au Ministère des Affaires Étrangères et à notre Confrère, M. Gaston Dupouy, Directeur du Centre National de la Recherche Scientifique.

MESSIEURS,

Au moment où je vais quitter le fauteuil de la Présidence, je tiens à vous remercier encore de votre bienveillance qui fait que je conserverai de cette année le plus agréable souvenir. Je n'ose espérer — et ce serait cependant mon vœu le plus cher — qu'il en sera de même pour vous.

Du poste où vous m'aviez placé, il m'a été donné de participer plus directement à nos travaux et de voir de plus près le labeur accompli par nos Secrétaires perpétuels et je puis vous affirmer que notre reconnaissance ne sera jamais assez grande envers eux.

Mes remerciements vont aussi à M. et M^{me} Gauja et à leurs collaborateurs qui assurent avec ponctualité et méthode le fonctionnement quotidien de notre Académie.

Il est réconfortant de pouvoir compter sur tant de dévouement pour assumer une tâche que le développement de nos publications, en particulier, rend de plus en plus lourde.

Nous pouvons compter aussi sur celui de mon successeur, M. Armand de Gramont que les éminentes qualités de savant et la souriante autorité ont désigné à vos suffrages. Et puisque notre Bureau sera complété par la présence de notre Confrère Léon Binet, qui joint à beaucoup d'autres les qualités d'un parfait administrateur, je suis certain que se réaliseront les vœux que je forme pour la prospérité de nos travaux académiques, au cours de cette année 1956.

En prenant la Présidence, M. ARMAND DE GRAMONT s'exprime en ces termes :

MES CHERS CONFRÈRES,

Je suis certain d'être votre interprète en remerciant M. Louis Fage au moment où il quitte la présidence de notre Compagnie.

En dehors des séances de l'Académie, il a pris une part active aux réunions de la Commission administrative; c'est là qu'on se rend compte de la tâche assumée par nos Secrétaires perpétuels : MM. Louis de Broglie et Robert Courier; ils ont à résoudre de nombreux problèmes dont on réalise l'importance quand on voit le travail effectué par la Commission. Ils doivent de plus surveiller de près l'ordonnance des *Comptes rendus* qui augmentent sans cesse de volume, montrant d'ailleurs ainsi l'activité croissante de la recherche scientifique en France. C'est votre reconnaissance unanime que je leur exprime aujourd'hui.

Je n'aurai garde, par ailleurs, d'oublier les membres de notre personnel dont le dévouement vous est connu et de remercier de leur aide constante M^{me} Gauja et son mari dont les mérites ont été récemment évoqués ici même.

Je suis heureux d'accueillir notre Confrère M. Léon Binet, l'éminent biologiste que vous avez appelé à la Vice-Présidence, l'animateur de cette nouvelle Faculté de Médecine, qui est déjà le siège d'une féconde activité et qui fait l'admiration des nombreux visiteurs qu'elle attire.

L'an passé, M. Louis Fage s'étonnait ici même du « peu de place que tient notre Académie dans les Conseils du Gouvernement ». M. Fage développait ce thème dans sa prise de séance à l'Académie Royale de Belgique : il considérait d'une façon générale le rôle des Académies comme celui d'une « Chambre de réflexion, appelée à donner des avis sur des questions graves dont le thème est déjà élaboré et sur lesquelles elle doit se pencher avec la plus grande attention ». Il estimait que c'est à ces Académies « que les gouvernements devraient finalement recourir pour les éclairer sur les réformes qu'ils projettent, les avertir des incidences, des conséquences de leurs décisions ». Or, notre Compagnie représente par ses différentes sections toutes les branches de l'activité scientifique, et nous savons que ses décisions sont prises sans passion, avec l'unique désir du développement de la Science et le souci de la grandeur de notre pays.

J'espère donc que les vœux formulés par M. Fage et qui ont certainement votre accord, seront entendus en haut lieu.

En vous remerciant encore, mes chers Confrères, de l'honneur que vous m'avez fait en m'appelant à ce bureau, je vous invite à reprendre le cours de nos travaux.

Je donne la parole à M. **LOUIS BAZY** pour la lecture de la Notice nécrologique sur M. **RENÉ LERICHE**.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Notice nécrologique sur RENÉ LERICHE,
par M. LOUIS BAZY.

Lorsque le 4 juin 1945 vous avez appelé parmi vous **RENÉ LERICHE**, votre choix reçut l'approbation unanime, non seulement des chirurgiens de France, mais encore de tous ceux qui, au delà de nos frontières, l'avaient approché ou s'étaient imprégnés de ses idées. Aujourd'hui, à l'annonce de sa mort, c'est un sentiment, également universel d'affliction, qui envahit tous ceux à qui, depuis tant d'années, il servait de modèle et de guide.

La vie de René Leriche fut un bel exemple d'unité dans la diversité. Il était né à Roanne le 12 octobre 1879 d'une vieille famille de la région lyonnaise. Il nous a révélé lui-même que, durant son enfance et son adolescence, il ne se sentait nullement attiré par les choses de la médecine. Comme beaucoup d'êtres doués d'une très vive imagination, annonciatrice de l'esprit créateur qu'ils manifesteront plus tard, il était possédé par le goût de l'aventure. Il espérait pouvoir le satisfaire en devenant officier, ce qui lui permettrait, pensait-il, d'aller explorer les terres inconnues d'Afrique. Mais il n'aimait pas les mathématiques et c'est peut-être pour cela qu'un beau jour et sans que personne eut pesé sur sa décision, il écrivit à ses parents qu'il avait changé d'idée et qu'il voulait être chirurgien. Ce faisant, peut-être ne faisait-il qu'obéir à une vocation née d'une longue hérédité chirurgicale. Son grand-père paternel était en effet déjà chirurgien à Lyon où il occupa une place éminente. Un de ses fils se consacra lui aussi à la chirurgie et il l'exerça avec honneur à Mâcon. D'autres ascendants de René Leriche occupèrent dans la médecine des places honorables et, notamment, l'un d'eux — élève de Louis, qui s'illustra au XVIII^e siècle comme secrétaire perpétuel de l'Académie de Chirurgie, et de Dupuytren — mourut à l'âge de 97 ans. C'est lui qui avait prédit à Leriche après lui avoir palpé les bosses frontales et quand il n'avait encore que 5 ou 6 ans qu'il serait chirurgien.

Il le fut, en effet, et vous savez avec quel éclat. Interne des hôpitaux de Lyon en 1902, il devenait agrégé de la Faculté de Médecine en 1910 et s'attacha à deux Maîtres de l'École Lyonnaise, ennemis comme lui de tout conformisme et qui, l'un et l'autre, exercèrent sur lui une influence durable.

Le premier fut Poncet, esprit original et brillant, auteur de conceptions

très neuves sur les manifestations articulaires de la tuberculose et avec lequel il écrivit deux volumes intitulés : *La tuberculose inflammatoire et le rhumatisme tuberculeux*.

Le second fut Jaboulay, très jeune professeur, doué d'une riche imagination et d'une virtuosité opératoire peu commune. C'est lui qui initia Leriche à la chirurgie des vaisseaux et à celle encore bien mal connue du grand sympathique.

L'un et l'autre moururent en 1913, le premier chargé d'années, le second en pleine force de l'âge. Mais l'on peut dire que c'est encore imprégné de leur enseignement que René Leriche aborda les tâches nouvelles et démesurées que la guerre de 1914 imposa aux chirurgiens qui n'y étaient guère préparés. C'est dans des circonstances aussi grandioses et aussi tragiques que les hommes d'action, à l'esprit novateur peuvent le mieux donner toute leur mesure. Bien des travaux de Leriche et non des moins importants, tels que ceux qui ont trait à la physiologie pathologique du tissu osseux et à celle des artères, sont nés du choc imposé à la sensibilité et à l'imagination de Leriche par les événements de la première guerre mondiale. Mais celle-ci fut aussi pour René Leriche l'occasion de déployer, outre ses qualités de chirurgien, ses dons d'enseigneur et d'organisateur de la recherche scientifique en équipe. En effet, après avoir servi à Paris dans divers hôpitaux où les résultats qu'il obtenait ne tardèrent pas à lui créer une grande réputation, il fut appelé par Claudius Regaud, Lyonnais comme lui, à participer avec Lecène, Roux-Berger et nos confrère et collègue, Guillaïn et Policard au fonctionnement du centre d'instruction de Bouleuse, situé dans la région de Reims. Ce centre destiné à fixer les règles de la chirurgie de guerre, à créer une unité de doctrine, à suppléer à l'inexpérience de tous ceux qui n'avaient pas encore pris conscience de la dure réalité des champs de bataille, remplit magnifiquement son rôle. Notamment, lorsque la jeune armée américaine débarqua sur le sol français, c'est là que les chirurgiens américains vinrent accomplir des stages d'instruction et c'est là que se nouèrent les liens qui devaient unir si solidement René Leriche à ceux qui étaient ou devinrent les plus illustres représentants de la chirurgie des États-Unis.

Le succès de l'enseignement ainsi distribué, le souvenir des heures rendues fécondes par le travail fait constamment en commun demeurèrent si vivants dans la mémoire de ceux qui en avaient été les bénéficiaires que lorsqu'en 1924, par suite de la disparition prématurée de son titulaire, le Professeur Sencert, une des chaires de clinique chirurgicale de la Faculté de Médecine de Strasbourg devint vacante, c'est tout naturellement vers René Leriche qu'on se tourna pour la lui confier. A 45 ans il était pourvu d'un admirable instrument de travail à la mesure de ses moyens. Pendant huit ans il donna à cette chaire une extraordinaire impulsion et c'est de tous les coins du monde qu'affluèrent tous ceux

qu'attirait la solide renommée de René Leriche et qui étaient avides de se presser à ce foyer dont ils attendaient chaleur et illumination.

En 1932, Leriche se fit transférer à la Faculté de Lyon. Mais n'ayant pas réussi à y reconstituer les importants moyens de travail dont il disposait à Strasbourg et la chaire qu'il avait occupée dans cette ville s'étant trouvée de nouveau vacante, il en reprit possession en 1934 jusqu'au jour où le Collège de France lui confia la suppléance puis la succession de Charles Nicolle, ce qui lui permit, comme l'a dit un de ses amis, « d'agrandir la portée de son message » et de nous confier dans une série de beaux volumes la totalité de sa pensée scientifique.

Tout en occupant ces importantes fonctions et à leur occasion, René Leriche a en effet accompli une œuvre immense dont on ne sait s'il faut en admirer le plus l'originalité ou la fécondité mais qui, dans sa diversité, a toujours été guidée par un seul et unique principe que Leriche a ainsi défini lui-même : « L'homme malade nous apparaît en dehors de tout geste ou souci de bon Samaritain (mais à leur occasion même) comme un objet de connaissance physiologique mis sous nos yeux par la nature ou par nos thérapeutiques. »

Précisant encore davantage sa pensée directrice, Leriche, inaugurant son enseignement au Collège de France affirme « son intention de continuer à considérer la chirurgie, en dehors de son objectif humain, comme une discipline de la connaissance, comme un moyen d'analyse expérimentale offert par la thérapeutique » auquel il veut donner pour objet la physiologie pathologique tissulaire. Il s'attachait ainsi à la connaissance pour la connaissance et, bien qu'il fut un habile et ingénieux expérimentateur, il réagissait contre une certaine science qui « bannit l'homme comme objet d'observation ». Il estimait que « nous manquons d'une physiologie proprement humaine qui soit la base de la future physiologie de l'individu qu'il nous faudra bien faire un jour, corrigeant par l'observation humaine, là où c'est possible, ce que la recherche sur les animaux a de trop rigide et expérimental et de totalitaire, alors que tant de choses nous séparent du cobaye, du rat et du chien ». Mais l'on trahirait la pensée de Leriche si l'on n'ajoutait pas avec lui : « Ce qui me paraît essentiel, ce n'est pas de faire de l'expérimentation, mais d'avoir l'*esprit de curiosité* et l'*esprit expérimental*. »

C'est ainsi que Leriche a établi les bases de la chirurgie physiologique qui occupa toute sa vie et à laquelle il a consacré son dernier Ouvrage paru en 1955 sous le titre : *Bases de la chirurgie physiologique. Essai sur la vie végétative des tissus*. L'œuvre entière de René Leriche s'y trouve résumée ainsi que le programme qu'il s'était tracé.

Ce programme, si ambitieux qu'il apparaisse, René Leriche l'a rempli avec bonheur. Doué d'une puissante imagination, ému des excès d'une certaine chirurgie purement mécanicienne, il a engagé notre art dans des

voies nouvelles, l'écartant résolument des opérations mutilantes pour le tourner vers une chirurgie fonctionnelle, plus difficile d'interprétation, mais combien plus riche de promesses. Certes, quand on est un novateur, on peut être amené à mettre en avant certaines hypothèses qui risquent de n'être pas admises de tous et Leriche le savait mieux que personne qui présentait son dernier Ouvrage comme un « Essai écrit pour suggérer ». Mais même quand il provoquait la contradiction, Leriche contraignait ses opposants à mieux se poser le problème, à réfléchir, à sortir des chemins traditionnels et, à ce point de vue, il a, sans doute, rendu autant de services que par les vérités incontestables en présence desquelles il nous a placés. Bref il fut le Maître à penser de toute une époque de la chirurgie.

Il a eu encore le mérite de montrer que derrière toute la discipline qu'exige la physiologie pathologique chirurgicale telle qu'il la concevait apparaît une conception véritablement humaine de la maladie et c'est ainsi, qu'élargissant le champ de sa pensée, il a été conduit comme tous les grands biologistes, comme Claude Bernard, comme Pasteur, comme Charles Richet et aussi comme son prédécesseur dans la Chaire de Médecine du Collège de France, Charles Nicolle, à aborder le côté purement intellectuel et l'on peut bien dire philosophique de son art et il a traduit ses préoccupations dans son discours de Président du Congrès français de Chirurgie de 1933, dans ses *Leçons sur la position de la chirurgie en face de l'expérimentation* et dans trois Ouvrages dont les titres seuls sont bien évocateurs : *La chirurgie à l'ordre de la vie*; *La chirurgie à l'ordre de l'intelligence* et enfin *Philosophie de la chirurgie*.

Les travaux de René Leriche sont si nombreux et si variés qu'il serait bien présomptueux de vouloir en quelques lignes en fournir une image suffisante et digne de leur importance. Par bonheur la nomination de René Leriche au Collège de France lui permit, pour notre plus grand profit, de faire le rassemblement de toutes les idées qu'il avait développées au cours de trente années de recherches de physiologie pathologique chirurgicale menées avec une rigueur sans défaillances.

Toutes les leçons du Collège de France donnèrent lieu chaque année à la publication d'un livre et c'est ainsi que nous possédons : *La chirurgie de la douleur*; *Physiologie et pathologie du tissu osseux*; *Physiologie pathologique et chirurgie des artères*; *Physiologie pathologique des maladies de la vaso-motricité et leur traitement*; *Physiologie pathologique des maladies de la thrombose artérielle et leur traitement*.

Dans cette somme immense de travaux, il faut, je le crois, faire une place à part à tous ceux que Leriche a consacrés à la douleur. Ayant observé que la plupart des phénomènes douloureux pathologiques prennent origine en dehors des récepteurs de la sensation de contact, Leriche a pu, par la chirurgie, faire la preuve qu'elle naît souvent à la suite de troubles de la vaso-motricité et d'actions endocriniennes.

En provoquant opératoirement des états physiologiques inverses de ceux de la condition pathologique, il a pu agir sur un grand nombre de syndromes douloureux rebelles, sans interrompre les voies de la conduction sensitive. C'est ainsi qu'il a mis successivement en œuvre la sympathectomie péri-artérielle qui date de 1913, la section des rameaux communicants, l'anesthésie des ganglions sympathiques puis leur ablation, notamment celle du ganglion stellaire, la section du nerf splanchnique, du nerf vertébral, enfin celle des nerfs du plexus cardiaque.

Mais en s'attaquant ainsi par l'intermédiaire du sympathique à la douleur, il a du même coup créé une chirurgie de la vaso-motricité. Ainsi on peut rétablir ou augmenter la circulation dans certains territoires organiques et, de la sorte, agir sur les plaies atones et réactiver les glandes endocrines.

On se plaisait à qualifier Leriche de chirurgien de la douleur et il en était très fier. Quel beau titre, en effet ! Il suppose chez l'homme de science un esprit d'observation inlassablement aiguë, une patience sans bornes et, chez l'homme tout court, beaucoup de bonté, de sympathie intelligente et vraie pour l'homme qui souffre, beaucoup de douceur dans les paroles et dans les gestes, beaucoup d'humanité en un mot. C'est par sa profonde humanité que René Leriche s'attacha avec les liens de la plus solide affection, les malades reconnaissants et les amis admiratifs.

Les chirurgiens du monde entier lui avaient témoigné leur estime de toutes les manières et, en particulier, par des titres honorifiques, académiques ou universitaires. Beaucoup lui avaient demandé de tenir leur chaire pendant un certain temps. René Leriche avait surtout été honoré en France en recevant de l'Académie de Chirurgie la médaille Lannelongue décernée tous les cinq ans par un Jury International au chirurgien dont les travaux ont le plus contribué aux progrès de la chirurgie et, en Angleterre, en se voyant attribuer la médaille Lister par le Collège Royal des Chirurgiens. Plus récemment en Argentine, il était devenu le premier titulaire du Prix Peron destiné à récompenser une œuvre ayant grandement servi les intérêts de l'humanité. Il s'était empressé de donner à l'Académie de Chirurgie une part très importante de ce prix afin de constituer tous les deux ans une bourse de voyage qui permettrait à deux jeunes chirurgiens des hôpitaux de Paris et de Lyon de se rendre alternativement en Argentine pour y étudier les méthodes chirurgicales de ce pays. Ainsi jusqu'au bout, Leriche aura-t-il continué cette œuvre qui tint une place essentielle dans sa vie et qui a consisté à établir entre les chirurgiens de tous les pays du monde une collaboration propice à la fois aux progrès de notre art et au maintien de la paix.

Une notice consacrée à la vie et aux travaux de René Leriche ne serait pas complète si elle n'évoquait la figure de M^{me} le Docteur Leriche. Celle-ci

fut, en effet, la constante collaboratrice, mieux l'associée, de René Leriche. Elle facilita sa tâche en la préparant matériellement, en rassemblant la documentation, notamment par ses traductions étrangères, en ouvrant enfin avec une large et souriante hospitalité les portes de son foyer. L'Académie compatit de tout cœur à sa douleur et tient à lui adresser avec ses bien profondes condoléances l'hommage de sa très respectueuse sympathie.

CHIMIE DES COMPLEXES. — *Action de la lumière sur les solutions aqueuses des dérivés dipyridinés-cis tétrachlorés de l'iridium et du rhodium.* Note (*) de M. MARCEL DELÉPINE.

Comme dans le cas de l'iridium dipyridino-trans tétrachlorure de potassium, la lumière provoque chez le composé cis la formation d'un dérivé aquo-dipyridiné trichloré isomère de celui qui avait été obtenu par chauffage. A l'obscurité, même après 20 ans, cette décomposition n'a pas eu lieu. Le rhodium dipyridino-cistétrachlorure de potassium donne lieu aussi à une décomposition photochimique.

Dans des publications antérieures, j'ai établi l'existence de deux Iridium-III dipyridino-tétrachlorures $[\text{IrPy}_2\text{Cl}_4]$ M cis et trans dipyridinés ⁽¹⁾. Le chauffage de leurs solutions conduit aux iridium aquo-dipyridino-trichlorures $\text{Ir}(\text{OH}_2)\text{Py}_2\text{Cl}_3$ ⁽²⁾ que nous appellerons plus brièvement aquo ; le phénomène consiste en une expulsion de chlorure ClM et en son remplacement par une molécule d'eau. Dernièrement ⁽³⁾, j'ai constaté sur le dérivé trans que la lumière solaire (ou celle d'une ampoule électrique) déterminait sur la solution aqueuse une transformation semblable à celle de la chaleur, tandis qu'à l'obscurité, même après 15 ans, la décomposition était nulle (ou à peu près). Il avait été ajouté quelques mots relatifs au composé rhodié correspondant.

Le présent travail, continuation du précédent, concerne les dérivés cis dipyridinés. Il y a quelques différences intéressantes dans le comportement des deux isomères.

Cas de $[\text{IrPy}_2\text{Cl}_4]\text{K} + \text{OH}_2$ cis. — Représentons l'ion $[\text{IrPy}_2\text{Cl}_4]$ par le schéma octaédrique où les sommets non marqués Py sont substitués par Cl.

Lors de la décomposition du complexe trans (I), il ne peut y avoir qu'un seul dérivé aquo (II), les quatre sommets 2.3.4.5. étant équivalents. Pour le complexe cis (III), deux sont possibles, suivant que la molécule d'eau se situe sur un sommet à l'opposé d'une des deux molécules de pyridine (IV), ou sur un sommet de façon à garnir la face de l'octaèdre contenant les deux molécules de

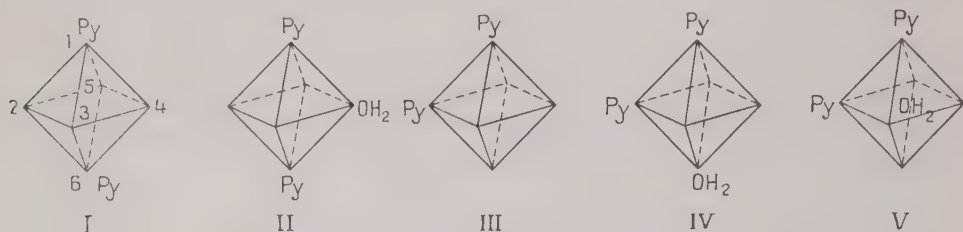
(*) Séance du 19 décembre 1955.

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 1075 et 1211; *Ann. Chim.*, (9), 19, 1923, p. 5 et 145.

⁽²⁾ *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1373; *Ann. Chim.*, (11), 4, 1935, p. 271.

⁽³⁾ *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2468.

pyridine (V). Il se trouve que l'irradiation, conformément à ces possibilités, conduit pour le dérivé trans à un isomère différent de celui préparé antérieurement à chaud (à 100° ou à l'autoclave). Pour le moment, il ne m'est pas possible de dire à laquelle des deux formules IV ou V on doit rapporter les deux isomères obtenus. On le démontrerait en considérant que V est dissymétrique et peut exister sous forme optiquement active.



Pour apprécier la marche de la décomposition photochimique, on opère comme avec le sel trans, c'est-à-dire que l'on examine si la solution précipite encore par le chlorhydrate de pyridine. Je rappelle que le dipyridino (cis) tétrachlorure de pyridine se dissout dans 65 parties d'eau à 18° et l'aquo préparé à chaud dans 130 environ. Comme on part d'une solution à 1/30, il devrait donc y avoir précipitation de l'aquo s'il était le même que celui déjà connu. Tant qu'il y a précipitation par le chlorhydrate de pyridine la transformation n'est pas achevée. Ceci étant, voici ce qui fut observé.

Après exposition pendant deux journées (de très bon soleil) la solution à 1/30 du sel orangé $\text{cis}[\text{IrPy}_2\text{Cl}_4]\text{K} + \text{OH}_2$, devenue un peu plus claire, ne précipitait plus par l'addition de chlorhydrate de pyridine à 1/10; pour plus de sûreté, on continua l'insolation pendant deux autres jours (ordinairement, il faut plus de temps, suivant l'ardeur du soleil). Une constatation immédiate découle de l'opération; lors de la préparation à chaud, la solution aqueuse déposait à froid une cristallisation assez abondante, tandis qu'ici il n'y a pas de dépôt.

Pour extraire le nouveau produit, on répartit le liquide insolé dans de larges cristallisoirs sur une épaisseur d'un centimètre ou deux et laisse évaporer sur une surface chauffée à 40° au maximum. Après concentration au quart du volume primitif, la solution refroidie laisse déposer de belles lamelles jaune orangé, très brillantes (50 %); l'eau-mère, concentrée davantage, en donne encore un peu. On les fait recristalliser en les dissolvant à chaud *très rapidement* dans 5 fois leur poids d'eau; on peut aussi effectuer les concentrations sous cloche en présence d'acide sulfurique.

Propriétés. — Le produit obtenu par insolation se présente en lamelles minces, brillantes, rectangles, parallélogrammes ou hexagones, de couleur jaune orangé, solubles dans environ 30 parties d'eau à la température ordi-

naire, beaucoup plus solubles à chaud, bien solubles dans l'alcool méthylique, l'acétone, moins dans le chloroforme, extrêmement solubles dans un mélange à volumes égaux de chloroforme et d'alcool méthylique. Par exemple, on peut dissoudre 1 g dans 2,5 cm³ du mélange; il y a toutefois après quelque temps une cristallisation dont la nature n'a pas été recherchée. L'éther, le benzène, l'éther de pétrole le dissolvent à peine.

L'analyse du produit séché à l'air conduit à la formule $\text{Ir}(\text{OH}_2)\text{Py}_2\text{Cl}_3 + 2\text{OH}_2$. Trouvé % : Ir 37,75; Cl 21,00; aq. à 100°, 7,2; à 150°, 10,8. Calculé (avec Ir 193,1) : Ir 37,74; Cl 20,81; 2 aq., 7,04; 3 aq., 10,55. Quand on fait perdre 3 aq. à 150° les cristaux deviennent plus foncés et perdent leur solubilité dans l'eau et les alcalis, par suite de leur transformation en polymère $(\text{IrPy}_2\text{Cl}_3)_n$.

La solution aqueuse est nettement acide, comme celle du produit fait à chaud; on trouve pour des solutions à 1/150, soit M/76, pH 4,4 pour l'aquo préparé par insolation et 5,4 pour celui préparé à chaud. L'ammoniaque et les alcalis dissolvent facilement ce complexe; l'addition d'un acide le précipite des dites solutions.

Si l'on chauffe une solution aqueuse du nouvel aquo-dérivé on le change en l'ancien; une solution à 3 % portée à l'autoclave à 130° cristallise par refroidissement, l'ancien n'étant soluble qu'à 0,8 % environ. On s'assure de la nature du produit de transformation en en faisant le dérivé argentique qui cristallise en longues aiguilles (²).

Le dérivé aquo insolé donne, comme l'ancien, des combinaisons argentiques. On s'est contenté d'en préparer une, cristallisée, par évaporation d'une solution composée de 1 g de complexe en 20 g d'eau, avec 25 cm³ de $\text{NO}_3\text{AgN}/10$ et 2 cm³ d'ammoniaque; cette solution abandonnée à l'air à l'obscurité dépose, par départ de l'ammoniaque, des cristaux dont l'analyse correspond à la composition $[\text{Ir}(\text{OH})\text{Py}_2\text{Cl}_3]\text{Ag}$. Trouvé % : Ir 32,74; Ag 18,60; Cl 19,37 au lieu de Ir 33,15; Ag 18,52; Cl 18,26.

A propos de l'insolation, comme la température de la solution atteint (aux beaux jours) 35 à 40°, on pourrait craindre que cette élévation de température participât à la transformation. Il est absolument certain que la lumière domine largement le phénomène : une solution à 1/30° chauffée à 39° pendant 360 h dans une étuve obscure précipitait toujours abondamment par le chlorhydrate de pyridine, c'est-à-dire que si transformation il y avait eu elle était bien faible.

Une autre expérience fut exécutée à 90°; la décomposition à cette température est lente et différente de celle à la lumière; après 80 h, la solution avait déposé d'abondants cristaux tout en précipitant encore le chlorhydrate de pyridine; il fallut environ 180 h au total pour qu'il n'y eût plus de précipitation; pour 1 g, il s'était déposé 0,60 g de cristaux alors que par irradiation solaire la solution restait limpide. L'explication de ces différences est bien simple : puisque l'aquo formé à la lumière se transforme par la chaleur en l'ancien fait à chaud, il y a lieu d'admettre que le terme initial est le même qu'en présence de la lumière, mais qu'en raison de l'action prolongée de la chaleur à 90°, il s'est transformé en l'isomère ancien et comme celui-ci est moins soluble, il se sépare. (On a vérifié que ce dépôt donne le sel d'argent en longues aiguilles décrit antérieurement) (²).

Conservation à l'obscurité. — Une solution de sel de potassium datant d'août 1941, précipitait encore par le chlorhydrate de pyridine en juin 1955. Une autre, datant d'avril 1935 (donc vieille de 20 *ans*), précipitait également très abondamment. Pour montrer qu'elle n'avait pas perdu ses propriétés initiales, on en exposa au soleil, en août 1955; après 3 jours d'insolation elle ne précipita plus. Cette antithèse fait ressortir l'action de la lumière.

Il a été constaté que l'illumination par une ampoule d'éclairage électrique est également efficace, durée mise à part.

Rhodium dipyridino (cis) tétrachlorure de potassium. — $[\text{Rh Py}_2 \text{Cl}_4]\text{K} + \text{OH}_2$. Comme il était à prévoir, ce sel est moins stable que son correspondant iridié. Après 2 jours le produit insolé ne précipite plus par le chlorhydrate de pyridine, la solution étant devenue un peu plus claire et laissant par évaporation des cristaux assez semblables à ceux du dérivé iridié.

L'effet photochimique ressort de ce que, à l'obscurité, après 4 mois, la solution précipitait encore par le chlorhydrate de pyridine; mais après 8 mois, elle ne le faisait plus. Autrement dit la solution, même à l'obscurité, se décompose. Ces recherches sur le composé rhodié n'ont pas été poussées plus loin.

GÉOLOGIE. — *Sur les dislocations de la zone du Flysch au Nord et à l'Est de Tende.*

Note de MM. **PAUL FALLOT** et **MARCEL LANTEAUME**.

Conti et Rovereto ⁽¹⁾ ont apporté de précieuses données sur les massifs du Besimauda et du Marguareis qu'ils attribuent aux parties frontales de la nappe du Grand-Saint-Bernard. Ils ont distingué en avant de cette grande unité des « écailles paraautochtones » qui viennent à l'Ouest s'appuyer contre la terminaison orientale du Massif ancien de l'Argentera et au Sud-Est reposer sur l'autochtone de son enveloppe sédimentaire. Les lignes générales de cette constitution géologique sont bien figurées sur la carte au 1/100 000^e italienne (feuille Demonte), mais les détails n'en ont pas été analysés.

Levant au 1/20 000^e les feuilles Viève et Tende de la Carte géologique de la France au 1/50 000^e nous avons étudié ces écailles d'abord sur territoire français puis vers le Nord en Italie. Il résulte de ces travaux une première série de données nouvelles.

La série inférieure comportant de l'autochtone et du paraautochtone est constituée par le gneiss et le Permien de l'Argentera envoyés au Sud-Est vers Tende et Saint-Dalmas, puis par une série plus ou moins

(*) Séance du 19 décembre 1955.

(1) S. CONTI e G. ROVERETO, *Atti della accademia nazionale dei Lincei*, série VIII, vol. 3, Sezione IIa, fasc. 3, 1951, p. 43.

décollée comportant du Trias, un Jurassique incomplet terminé par le Tithonique zoogène, un Néocomien incomplet, l'équivalent réduit et stérile des grès verts albo-cénomaniens connus plus à l'Ouest ⁽²⁾, un Sénonien pélagique puissant de 4 à 500 m. Le Lutétien transgressif est en grès argilo-calcaires sombres à *N. aturicus*, il passe vers le haut à un horizon marno-calcaire jaunâtre que nous avons attribué au Priabonien, suivi enfin d'un Flysch noir armé de bancs de grès identiques à ceux d'Annot. Entre le Fort Taborde et le Col de Tende ces grès soulignent des plis vigoureux axés Nord-Nord-Ouest-Sud-Sud-Est. C'est sur ces assises que reposent des imbrications repérées sur territoire français du Col de Tende à Colle Ardente (Est de la Brigue), mais qui s'étendent très largement en Italie.

Nous y distinguons les unités suivantes, bien visibles dans le bassin du Rio Freddo, entre le Col de Tende et le Mont Bertrand.

I. Sur le Flysch autochtone ou parautochtone vient une première série, comportant à sa base des lambeaux de cargneules (Col de Tende-Mont Pépin) et de Jurassique, mais dont l'essentiel est formé de Flysch noir. Contrairement à ce qui se passe dans la série subordonnée, ce Flysch débute déjà au Lutétien supérieur par des bancs à grandes Nummulites qui admettent à leur base des grès arkosiques à galets de roches cristallines anciennes, directement transgressifs ici sur le Jurassique et sans intercalation de Sénonien.

Le Bartonien ni le Priabonien ne sont individualisés mais existent vraisemblablement dans le Flysch noir qui est très épais.

Entre le Mont Pépin et le Col de Tende, le Jurassique chevauchant passe dans le versant italien mais n'y forme pas d'affleurement continu. Nos investigations, limitées aux abords immédiats de la frontière, laissent prévoir qu'il y est brisé en deux ou trois imbrications de détail noyées dans le Flysch.

Si le Jurassique de la base de l'unité est en masses assez importantes au Fort Haut du Col de Tende et au Fort Pépin, plus à l'Est, entre le Mont Pépin et le Rio Freddo (Camp Boaire) il se débite en quatre minces lames pendant à 30° vers le Nord-Est, séparées les unes des autres par du Lutétien et même par d'étroits coussinets de Sénonien broyé.

Le Jurassique disparaît plus à l'Est et l'écaille ne comporte plus que du Sénonien réduit et du Lutétien, jusqu'à 1 km au Nord du Col de la Crocette par où l'on passe dans le Bassin de la Brigue.

II. Sur le Flysch noir assez peu gréseux de l'écaille du Mont Pépin

(2) FALLOT et FAURE-MURET, *C. R. Collaborateurs, Bull. Serv. Carte Géol. Fr.*, n° 241, 1954, p. 283.

vient une nouvelle série à dominante de Flysch, mais qui diffère à son tour de la précédente.

Sa base est jalonnée selon les points par des masses réduites de Jurassique, des lentilles de Sénonien écrasé, enfin par du Lutétien supérieur terminal qui, cette fois-ci, est en calcaires bleus à *Nummulites millecaput*, *Discocyclina chudeaui*, *D. nummulitica*, *Asterodiscus stellatus*, *A. taramellii* et *Sphærogypsina* sp., selon M^{me} Neumann. Le Flysch noir fait suite à ces calcaires à la base desquels n'existent pas de galets de roches cristallines anciennes.

Vers le Sud-Est, le Jurassique n'apparaît que sous forme de rares paquets disjoints; dans le versant Sud de la crête frontière au Sud de la Cime du Bec et au piton coté 2053. Plus au Sud-Est les jalons du contact basal de l'unité II sont uniquement formés par les calcaires bleus lutétiens, avec lames locales de Sénonien, jusqu'à Riou Frei supérieur puis, versant gauche du Rio Freddo jusqu'à Cravalune et à la roche fortifiée 1828 d'où ils se poursuivent par la barre de la Roche Falconare aux flancs Sud-Ouest et Sud du Mont Bertrand. Le Lutétien bleu y supporte un Flysch noir mince et peu gréseux.

C'est dans la partie centrale de la feuille de Viève 5-6 que sont le mieux différenciées et qu'il faut décrire les unités suivantes dont les prolongements orientaux feront l'objet d'une Note ultérieure.

III. Il s'agit d'abord d'un paquet de Sénonien et de Néocomien écrasés, replissés, qui sont en ordre tantôt normal, tantôt renversé. Ce copeau de charriage de 30 à 40 m de puissance apparaît au droit de la roche fortifiée 1828 et se prolonge vers le Sud-Est jusqu'au-delà de Chambeuil.

IV. Il est dominé par une barre de calcaire jurassique qui débute en contre-bas des roches cotées 2011, dans l'arête montant de 1828. Ce calcaire forme une falaise de 30 à 50 m de haut au pied du Mont Bertrand et se poursuit par l'amont de Chambeuil pour passer, plus à l'Est, au-dessous de la Cabane de la Mule. Sa série apparemment normale se complète localement à sa base par des masses de cargneules. Elle forme une lame indépendante charriée sur le copeau de Crétacé ou, lorsqu'il manque, sur le Flysch noir subordonné.

V. C'est sur cette quatrième unité tectonique que repose le Flysch complexe du Mont Bertrand, comportant des couches à Helminthoïdes et affecté de plis couchés vers le Sud-Ouest. Il paraît tectoniquement indépendant et forme ainsi une dernière unité qui est limitée, plus au Nord, par une zone d'intenses écrasements.

Vers l'Ouest, les écailles III et IV perdent leur importance. La lame jurassique disparaît et le Flysch du Mont Bertrand tend à reposer directement sur celui de l'écaille de Riou Frei. Très localement s'intercale un peu de Sénonien écrasé attribuable à l'unité III, notamment dans la

vallée du Rio Freddo à l'amont de Riou Frei supérieur. Plus à l'Ouest encore, après un long espace où ne règnent que les Flyschs mêlés, l'on retrouve au sommet coté 2271 à l'Ouest de la Cime du Bec des paquets de Sénonien et de Lutétien qui sont associés mécaniquement à des couches à Helminthoïdes et dont l'attribution aux écailles III et IV demeure douteuse.

En revanche la série du Bertrand paraît être à la fois la plus puissante par le volume de son Flysch et la plus continue de part et d'autre du Rio Freddo où ses grès se remarquent constamment (Cime de l'Évêque, Balcon, Cime du Bec).

Plus au Nord-Est, on entre dans un pays tout à fait différent correspondant sur cette transversale au massif du Marguareis, c'est-à-dire selon Rovereto et Conti à un élément frontal de la nappe du Grand-Saint-Bernard.

Au contact entre l'écaille de Flysch du Mont Bertrand et la série du Marguareis s'individualise une zone de broyage intense affectant du Flysch et du Sénonien, rendus méconnaissables. Elle fut identifiée dès 1953 par M^{lle} Faure-Muret aux deux cols-frontière des Selles-Vieilles et de la Perle. Mais elle s'étend plus à l'Est au revers italien du Mont Bertrand, tout au long de la vallée d'Upega d'après une observation de M. de Bretzel et, vers l'Ouest, dans le haut Vallone de la Perla.

La vaste dalle du Marguareis présente, elle, une série très différente qui comporte sur du Permien (Colle del Pas) du Trias à Diplopores, du Jurassique moyen avec un horizon identique aux « couches à *Mytilus* » du Briançonnais, des calcaires du Jurassique supérieur non datés terminés par un calcaire de Guillore très typique, assimilable au Tithonique, et un Néocomien calcaire à rares Ammonites. Des traces éparses de grès verts soulignent une surface d'abrasion au toit du Crétacé inférieur. Vient enfin une série de calcaires en plaquettes, de type Briançonnais, qui pourrait atteindre le Paléocène.

Ces analogies qui viennent à l'appui de l'hypothèse générale de Rovereto et de Conti s'accompagnent du reste de différences en ceci que, dans le Briançonnais, la série s'arrête au Paléocène alors que dans le Marguareis elle se complète de restes largement dispersés d'un calcaire bleu du Lutétien terminal-base du Bartonien, puis d'un Flysch noir dont les lambeaux, tectoniquement indépendants et très disloqués, subsistent à l'Est du Colle Plane, en quelques points de la crête frontière (Est du Monte Straldi, arête entre le Bec de l'Aigle et la Cime de l'Armusse) et au Plan Ambroise.

Les caractères stratigraphiques du Massif du Marguareis le font donc apparaître comme une unité étrangère plus interne que les écailles de la série du Flysch.

Ces dernières unités pendent dans l'ensemble vers l'Est-Nord-Est et le

sens apparent de poussée Est-Nord-Est-Ouest-Sud-Ouest est confirmé par l'orientation des anticlinaux de détail.

Il n'est pas possible de préciser par des constructions tectoniques les déplacements respectifs des imbrications. C'est la comparaison des faciès de l'une à l'autre qui, seule, permettra une évaluation approchée de leur ampleur.

GÉNÉTIQUE. — *Le mystère de la seconde fécondation chez les Angiospermes ou plantes à fleurs et rien que chez elles.* Note (*) de M. HENRI DEVAUX.

Dans le sac embryonnaire des Angiospermes, il naît toujours deux embryons jumeaux et le second, provenant d'une fécondation redoublée, meurt inévitablement mais en vivifiant le premier par une substance vitalisante résultant de sa mort.

Dans une publication datant de 1939 ⁽¹⁾, j'ai établi que le but de la fécondation ordinaire, chez les Mousses, est de créer des molécules hétéropolaires et cette donnée nouvelle a été étendue, en 1947, à la presque totalité des plantes supérieures ⁽²⁾.

L'acquisition d'une hétéropolarité plus accentuée est donc un résultat fondamental de la fécondation et il est bien remarquable que cette modification soit produite par l'union de deux facteurs seulement, les deux cellules appelées gamètes, toujours très différentes, il est vrai, l'une de l'autre chez les plantes supérieures. Leur union donne une cellule unique, l'œuf qui, sans doute, possède un équilibre parfait car il acquiert aussitôt une puissance de croissance et de différenciation indéfinie.

Pourtant, il est une catégorie de plantes pour lesquelles une seule fécondation ne suffit pas, il en faut deux. C'est la catégorie des Angiospermes ou plantes à fleurs. Chez *toutes* ces plantes, en effet, et *rien que chez elles*, il se produit dans un même sac embryonnaire, berceau de la nouvelle vie qui va naître, non pas une mais deux fécondations, deux œufs, l'un qui produit le futur embryon, l'autre un embryon surnuméraire qu'on appelle *albumen* ⁽³⁾ et dont la vie n'est que momentanée.

L'albumen n'est donc pas un simple tissu nourricier comme on le croyait jusqu'à la découverte de la double fécondation ⁽⁴⁾. Il est vraiment un frère du germe proprement dit qui se développe en même temps que lui mais ce frère provient d'une fécondation redoublée. C'est un fait exceptionnel qui est démontré et si universellement réalisé chez la totalité des plantes

(*) Séance du 14 décembre 1955.

⁽¹⁾ H. DEVAUX, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1260.

⁽²⁾ H. DEVAUX, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 696.

⁽³⁾ « Albumen » improprement appelé endosperme à l'étranger.

⁽⁴⁾ E. GUINARD, *Comptes rendus*, 128, avril 1899.

à fleurs qu'il doit être considéré comme un des plus grands mystères de la génétique.

Cependant il semble qu'il n'ait jamais donné lieu à une interprétation satisfaisante, aucune qui explique, en particulier, le fait que ce deuxième œuf, au lieu de produire une deuxième plantule, meure toujours après avoir pourtant effectué un commencement évident de développement. Est-ce donc *pour mourir* qu'apparaît cette deuxième vie dans le berceau embryonnaire de toutes les plantes Angiospermes et rien que chez elles ?

Pour essayer de répondre à cette question, notons avant tout que le deuxième œuf des Angiospermes est un œuf spécial puisqu'il est produit par la combinaison de trois gamètes au lieu de deux.

Cet œuf, destiné à la mort, présente au début un développement évident et même vigoureux. Il se nourrit, grandit, fabrique du nouveau protoplasma, de nouveaux noyaux, et se cloisonne souvent un grand nombre de fois. Il digère les tissus voisins, ceux du nucelle qui l'environnent et accumule même en quantité des réserves nutritives : amidon, sucres, corps gras, substances protéiques comme s'il allait prendre un développement considérable. C'est donc un véritable embryon bien vivant et cependant cet embryon va mourir, non pas par une cause extérieure mais par une incapacité interne de vivre. Il est même incapable de donner des organes. Ce n'est qu'un massif cellulaire, un parenchyme, dans lequel on ne distingue aucune racine, aucune tige, aucune feuille et même aucun méat, aucun vaisseau.

Quelles sont les causes de cette incapacité ? Là est la véritable question que nous avons à résoudre. Nous en trouvons un commencement de solution dans ce qui se passe au moment de la maturation des semences, puis de leur germination. La graine se gonfle alors, l'albumen s'imbibe d'eau et dans les premières heures ne paraît subir aucune modification. Il en subit pourtant dans son protoplasma lui-même car on constate que, dans la graine mûre, beaucoup de ses cellules sont remplies de grains d'aleurone.

Or, il est certain que ces grains ne sont pas vivants, ce sont des substances solubles dans l'eau et par elles le protoplasma gonflé devient vacuolaire. Mais cette eau contient des substances dissoutes qui abandonnent leur cellule mère et arrivent au contact du premier embryon. Ce sont des substances de croissance et ce qui est surprenant c'est qu'au lieu d'agir sur les tissus de l'albumen, elles agissent sur les tissus de l'autre embryon. Si, en effet, avant qu'aucune réserve ne soit attaquée, c'est-à-dire tandis que l'albumen paraît encore intact, on détache le germe principal du contact avec cet albumen, cet embryon, quoique isolé, germe en une plante plus petite mais encore féconde, donnant quelques grains. Si la séparation est faite au premier jour de la mise en terre, il y a production d'une plante minuscule qui donne encore cependant deux ou trois graines. Par contre,

si l'union est maintenue jusqu'à la fin du troisième jour de la mise en terre, on obtient, au contraire, une plante de taille presque ordinaire avec épi normal contenant des grains abondants. Or, à ce troisième jour, les réserves de l'albumen paraissent intactes. Elles n'ont pas encore servi comme nourriture et le développement observé n'a pu être produit que par une excitation de croissance, une auxine, laquelle vient sans doute des grains d'aleurone. Ceci a lieu même chez les plantes dites sans albumen car, en réalité, elles en ont possédé un qui a été digéré de bonne heure. Et dans tous les cas, l'assise extérieure, dénommée assise protéique, subsiste et Schander ⁽⁴⁾ a démontré que cette assise, à elle seule, fournit un peu de ces substances excitantes.

Finalement, on est obligé de conclure que, si l'albumen se détruit, c'est pour nourrir et tout d'abord activer la vie de son compagnon. *Cette mort est vivifiante*, un peu comme une fécondation, quoique produite par une substance et non par des gamètes entiers, de sorte que nous sommes en présence de ce double fait étrange que la fécondation simple et normale, si puissante partout ailleurs, est ici insuffisante pour maintenir la vie de l'œuf qu'elle engendre pourtant et, d'autre part, qu'une fécondation surnuméraire, c'est-à-dire l'union de trois noyaux et non de deux, qui aboutit aussi à un œuf et à un embryon, se montre également insuffisante puisque cet embryon meurt. Ainsi la mystérieuse puissance de la fécondation, suffisante avec deux gamètes, se montre insuffisante, soit par défaut avec deux gamètes, soit par excès avec trois gamètes, pour propager la vie en donnant des germes ayant une vitalité indéfinie.

Or il se trouve que de ces deux phénomènes, se réalisant simultanément dans le sac embryonnaire, résulte la production de substances correctrices vraiment vitalisantes et qui remontent l'embryon défaillant, possédant deux gamètes, à la puissance indéfinie de toute fécondation normale.

La double fécondation qui apparaît chez les plantes Angiospermes remplit donc un but essentiel. Elle remplace l'union de deux protoplasmas génétiques, aboutissant à un germe, par l'union de trois protoplasmas aboutissant à un germe surnuméraire communiqué par une substance méritant aussi d'être appelée génétique quoiqu'elle ne soit probablement pas de nature protoplasmique ni vivante. Ce serait une sorte de principe vital, tel que l'ont rêvé autrefois bien des philosophes, qui se produirait réellement dans cette catégorie unique d'êtres vivants.

La substance excitatrice produite par l'albumen mourant n'agirait-elle pas de la même façon que les blessures ou les poisons dans les phénomènes de parthénogenèse artificielle ? Elle ne ferait que réveiller dans l'œuf de fécondation simple des affinités à demi endormies.

(⁵) H. SCHANDER, *Z. Bot.*, 27, 1934, p. 433.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la teneur des champignons en manganèse*. Note (*)
de MM. **GABRIEL BERTRAND** et **LAZARE SILBERSTEIN**.

Des nombreuses analyses que nous avons publiées sur la composition élémentaire des plantes phanérogames, il résulte au point de vue qualitatif que le manganèse existe sans exception dans toutes les espèces et dans toutes les parties de ces espèces et qu'au point de vue quantitatif, il s'en trouve, dans 1 kg de plante sèche, de 15 mg à plus de 100 et quelquefois même davantage.

Ce sont les plantes contenant de 20 à 60 mg du métal en question par kilogramme sec qui existent dans la plus grande proportion, la moitié d'entre elles environ. Les plantes dont la teneur s'élève de 60 à 100 mg ne sont déjà plus que de 15 %.

Le manganèse est disséminé dans toutes les parties du végétal, y compris les graines où, fait à retenir, il existe en quantité plus petite que dans les plantes leur ayant donné naissance⁽¹⁾.

Un autre fait, dont la découverte a exigé la comparaison d'un grand nombre d'analyses, est digne aussi d'être signalé. C'est celui d'une relation quantitative, quelquefois très marquée, entre la teneur en manganèse d'une plante et la place occupée par celle-ci dans la classification botanique, relation analogue à celle que nous avons d'abord reconnue à propos du bore⁽²⁾ et celle que l'un de nous, en collaboration avec Didier Bertrand, avait établie au sujet du rubidium⁽³⁾.

Nous avons cherché si le manganèse, dont la présence dans l'organisme de plantes inférieures et plus spécialement des champignons a été plusieurs fois signalée, ne donnerait pas lieu à des observations analogues.

En effectuant nos expériences sur les Champignons, nous n'avons pas tardé à nous apercevoir de difficultés plus grandes et plus fréquentes de récoltes que celles rencontrées jusqu'ici. Les champignons sont, comme l'on sait, très riches en eau; ils en contiennent le plus souvent les 9/10^e de leur poids et parfois davantage, alors que les plantes supérieures vivent d'ordinaire avec 20 à 25 % de ce composant liquide. Il faut donc récolter des poids de champignons plus élevés que dans le cas de l'analyse des phanérogames, ce que l'on n'a pas toujours la chance de pouvoir faire.

Outre cela, la terre renfermant toujours du manganèse, il est nécessaire de

(*) Séance du 19 décembre 1955.

(¹) G. BERTRAND et L. SILBERSTEIN, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 481.

(²) G. BERTRAND et L. SILBERSTEIN, *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 624 et *Mémoire : Ann. Inst. Pust.*, 67, 1941, p. 141 et 154.

(³) G. BERTRAND et D. BERTRAND, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1128 et 230, 1950, p. 343.

procéder aux récoltes des champignons avec soin, de ne cueillir que des échantillons dans un état de propreté aussi grand que possible, car leur nettoyage est délicat, demande beaucoup de temps et ne peut pas toujours être réalisé.

Pour le transport au laboratoire, il convient d'envelopper les échantillons au fur et à mesure de leur récolte et de les enfermer pour qu'ils ne se souillent pas les uns les autres au cas où il s'y trouve tant soit peu de terre.

Pour les analyses, après s'être assuré de leur complète propreté, les champignons sont divisés en tranches minces et mis à sécher dans des assiettes de porcelaine, vers 30 à 35°. Si l'étuve est bien aérée, la dessiccation n'exige que deux à trois jours sans écoulement de suc cellulaire. On peut alors procéder aux prélèvements, compléter la dessiccation et passer à l'incinération. La marche de l'analyse ne présente pas de difficultés particulières.

Nous avons rassemblé une soixantaine de champignons en bon état de propreté et en quantités convenables pour nos analyses, la plupart appartenant au groupe des Basidiomycètes et les autres à celui des Ascomycètes.

Noms des espèces.	Cendres en grammes par kilogramme de matière sèche.	Manganèse en milligrammes par kilogramme de matière sèche.
<i>Amanita phalloides</i> (Fries) (Quélet) Amanite bulbeuse	121	41
» <i>citrina</i> (Fries) Amanite citrine	98	38
» <i>muscaria</i> (Fries <i>ex</i> Linné) (Quélet) Am. tue-mouches.	107	26
» <i>pantherina</i> (Quélet) Am. panthère	142	23
» <i>rubescens</i> (Quélet) Am. vineuse, golmotte	123	26
<i>Lepiota procera</i> (Quélet) Coulemelle	101	23
<i>Psalliota hortensis</i> (Cooke) (Agaric cultivé)	99	5
<i>Flammula hybrida</i> (Fries)	80	29
<i>Rozites caperata</i> (Karsten)	108	20
<i>Pholiota squarrosa</i> (Quélet)	112	36
<i>Hebeloma crustuliniforme</i> (Quélet)	124	28
<i>Inocybe corydalina</i> (Quélet)	96	8
<i>Cortinarius infractus</i> (Fries)	123	29
» <i>violaceus</i> (Fries <i>ex</i> Linné)	125	33
<i>Entoloma lividum</i> (Quélet) Entolome	136	43
<i>Laccaria proxima</i> (R. Maire)	134	85
<i>Tricholoma sulfureum</i> (Quélet)	148	31
» <i>saponaceum</i> (Quélet)	117	28
» <i>aggregatum</i> (Costantin et Dufour)	132	16
» <i>terreum</i> (Quélet)	167	12
» <i>sejunctum</i> (Quélet)	115	15
» <i>rutilans</i> (Quélet)	106	18
» <i>nigricans</i>	61	39
» <i>populinum</i> (Lange)	108	15

Noms des espèces.	Cendres en grammes par kilogramme de matière sèche.	Manganèse en milligrammes par kilogramme de matière sèche.
<i>Melanoleuca grammopodia</i> (Patouillard).....	96	34
<i>Armillariella mellea</i> (Karsten) Armillaire.....	94	22
<i>Clitocybe infundibuliformis</i> (Quélet).....	91	66
» <i>nebularis</i> (Quélet).....	79	61
<i>Pleurotus ostreatus</i>	64	18
<i>Lactarius torminosus</i> (Fries ex Schæffler).....	57	25
» <i>blennius</i> (Fries).....	81	65
» <i>vellereus</i> (Fries).....	64	22
» <i>rufus</i> (Fries ex Scopoli).....	107	23
» <i>theiogalus</i> (Fries ex Bulliard).....	83	77
» <i>vietus</i> (Fries).....	76	9
<i>Russula densifolia</i> (Gillet).....	68	11
» <i>adusta</i> (Fries ex Persoon).....	101	31
» <i>cyano-xantha</i> (Fries ex Schæffler).....	75	53
» <i>cærulea</i> (Cooke).....	75	17
» <i>fallax</i> (Fries).....	98	89
» <i>Turci</i> (Bresadola).....	97	17
<i>Hygrophorus eburneus</i> (Fries ex Bulliard).....	106	45
<i>Parvillus involutus</i> (Fries).....	110	18
<i>Boletus rufescens</i> (Konrad).....	59	6
» <i>badius</i> (Fries).....	80	4
» <i>bovinus</i> (Fries ex Linné).....	57	5
<i>Fomes betulinus</i> (Fries ex Bulliard).....	44	6
<i>Polyporus frondosus</i> (Karsten) Poule des bois.....	65	28
» <i>squarrosus</i>	81	4
» <i>sulfureus</i> (Fries ex Bulliard).....	56	8
<i>Ganoderma lucidum</i> (Fr. ex Leysser).....	17	34
<i>Clavaria pistillaris</i> (Fr. ex Linné) Clavaire en pillon.....	108	12
<i>Lycoperdon giganteum</i> (Persoon ex Batsch).....	71	14
» <i>pyriforme</i>	50	16
<i>Lycoperdon gemmatum</i> (Batsch).....	61	11
<i>Scleroderma aurantium</i> (Persoon) (entier).....	33	5
» » » (tissu sporifère).....	11	8
<i>Bulgaria inquinans</i>	73	6
<i>Tuber melanosporum</i> (Vittadini) Truffe noire (partie centrale).....	69	3
» » » (épiderme seul).....	76	21
<i>Otidea onotica</i> (Fuckel) Oreille de lièvre.....	159	19
<i>Claviceps purpurea</i> (Tulasne) Ergot de seigle.....	38	30

Il ressort des résultats que nous avons obtenus et qui sont exposés dans le tableau ci-dessus, que le manganèse est présent dans tous les champignons analysés.

D'une manière générale, les proportions du métal sont plus petites que

chez les plantes phanérogames : elles n'atteignent pour l'ensemble que 26,5 mg en moyenne par kilogramme de matière sèche et sont de 10 à 30 mg pour la moitié des espèces.

Dans le cas de la Truffe et dans celui de Scleroderma il a été facile grâce à leur structure d'obtenir la preuve que les faibles proportions de manganèse qui ont été trouvées appartiennent bien aux tissus de ces plantes et ne sont pas dues à des adhérences de substances étrangères.

La Truffe, au préalable bien lavée sous un mince filet d'eau avec une petite brosse de crins, a été débarrassée au scalpel de sa couche externe et analysée. Elle contenait 3 mg de manganèse.

Quant au Scléroderme, espèce voisine des Vesces de loup, il a la forme d'un sac à paroi épaisse enfermant jusqu'à la maturité des spores le tissu reproducteur. Si l'on coupe le champignon avant la maturité complète, c'est-à-dire avant qu'il s'ouvre spontanément, on peut en retirer le tissu reproducteur avec une spatule de platine et l'analyser : nous y avons dosé 8 mg de manganèse par kilogramme de matière sèche.

ÉPIDÉMIOLOGIE. — *Porteurs et vecteurs de germes microbiens. Leur rôle dans la transmission des maladies infectieuses et dans l'éclosion et la propagation des épizooties et des épidémies. De la nécessité de mesures et de conventions sanitaires internationales dans la lutte contre les épizooties.* Note de **M. GASTON RAMON**

Il est en matière d'épidémiologie et d'épizootologie, une question d'une grande importance. C'est celle des porteurs et des vecteurs de germes : ultravirus, bactéries, etc.

Elle offre, en premier lieu, un *intérêt scientifique* évident car elle touche de très près à celle du déterminisme encore mystérieux, par certains côtés, de l'éclosion, de la propagation, de l'extinction, de la réapparition des épidémies et des épizooties.

A mesure que s'étendaient nos connaissances relatives aux maladies infectieuses, animales et humaines, et notamment à celles dont les agents sont des ultravirus, la notion des porteurs et vecteurs de germes était mise en évidence et prenait de plus en plus d'ampleur.

Qu'il s'agisse de fièvre aphteuse, de peste bovine, d'anémie infectieuse des Solipèdes, de rage, d'encéphalomyélite des Équidés, de peste aviaire, de brucelloses, etc., qu'il s'agisse de poliomyélite, de variole, de typhoïdes, de diphtérie, etc., il est bien établi par les faits ⁽¹⁾ que les animaux, de même que

⁽¹⁾ On trouvera l'exposé de ces faits dans un Mémoire à paraître dans le *Bulletin de l'Office international des Épizooties*, 43, 1956, nos 1-2 (sous presse).

l'Homme, atteints et apparemment guéris de maladies infectieuses peuvent demeurer porteurs de germes pendant un temps qui varie de quelques mois à plusieurs années et même davantage.

Il est non moins bien démontré que les porteurs de germes sont capables de transmettre et de propager la maladie soit directement, soit indirectement, et de déterminer ainsi l'éclosion de nouveaux foyers et l'apparition d'épizooties, d'épidémies souvent très loin de leur lieu d'origine et après une longue période de temps.

Lorsqu'il s'agit de maladies infectieuses animales et d'épizooties, l'intérêt scientifique que présente l'étude des porteurs et vecteurs de germes se double d'un intérêt d'ordre économique. En effet, les porteurs de germes représentent les principaux agents de transmission des maladies infectieuses et d'extension des épizooties dans l'intérieur d'un même pays, d'un pays à l'autre et d'un continent à un autre. Ils rendent ainsi dangereuses, en ce qui concerne la propagation des épizooties, les importations de bétail et de produits animaux à partir de pays infectés.

Il convient donc d'assurer à la fois la prophylaxie des maladies infectieuses et épizootiques et la lutte contre les porteurs et vecteurs de germes.

A l'égard de ces derniers, les *vaccinations* se révèlent peu efficaces, sinon inefficaces.

Ainsi que nous l'avons dit à maintes reprises, à propos de la fièvre aphteuse en particulier, les vaccinations ne suppriment pas les virus lesquels, de même que le feu qui couve, peuvent, à chaque instant, par l'intermédiaire des porteurs de germes, rallumer les foyers de maladie. Comme l'a prouvé l'évolution de l'épizootie de fièvre aphteuse qui a débuté en Europe en 1951, les vaccinations, dans l'état présent de la science immunologique, se sont révélées insuffisantes pour entraver la marche de l'épizootie, impuissantes à faire disparaître un état enzootique même limité. A l'heure actuelle et depuis bientôt cinq ans, la fièvre aphteuse entretenue par les porteurs de virus continue de sévir avec plus ou moins d'intensité dans les pays qui ont basé la lutte anti-aphteuse, pour le principal, sur la vaccination ⁽²⁾.

La mise en quarantaine des animaux doit, en principe, permettre de déceler et d'éliminer les porteurs de germes avant leur importation. Cependant, si elle diminue les risques d'introduction des maladies par les porteurs de germes, elle ne les supprime pas tous; de plus, il est parfois très difficile de la mettre en œuvre.

Si, par exemple, il semble possible de déceler et d'écarter de l'importation, des *porteurs de virus de la peste bovine* en mettant dans une station de quarantaine, les animaux suspects,

(²) Voir nos publications sur ce sujet, G. RAMON, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 777, 1010 et 1106; 235, 1952, p. 333; 238, 1954, p. 975; 240, 1955, p. 1173; 241, 1955, p. 839. *Bull. Off. internat. des Epizooties*, 41, 1954, p. 820 et 834 (en langue française et en langue anglaise); on trouvera dans ce rapport la liste de nos publications antérieures sur la fièvre aphteuse: *Bull. Off. internat. des Epizooties*, 43, 1955, p. 363, 867 et 900 (en langue française et en langue anglaise).

au contact d'animaux sains pleinement réceptifs, il n'en est pas de même pour le dépistage de porteurs de certains autres virus.

Il a été constaté, par exemple, que des animaux des espèces bovine, caprine, etc., peuvent être *porteurs de virus aphteux* pendant très longtemps, pendant des années même. Durant ce temps, le virus reste souvent localisé dans des cavités closes, au niveau des onglons, dans des lésions des réservoirs gastriques, du tube digestif, d'où il est excrété non pas de façon continue, mais par intermittence ce qui rend aléatoire le dépistage des porteurs de virus.

Nous avons démontré nous-même que le virus de l'*anémie infectieuse des Équidés* n'existe dans le sang des chevaux infectés que de façon discontinue ⁽³⁾, ce qui rend difficile sa mise en évidence laquelle ne peut d'ailleurs être faite que par des inoculations d'épreuve à des solipèdes, seuls animaux vraiment réceptifs. Il n'y a, d'autre part, aucun autre moyen sûr de diagnostic de cette virose qui demeure souvent à l'état chronique inapparent.

Des informations récentes provenant de Grande-Bretagne ont fait connaître que la *rage* pouvait éclater chez des chiens, au-delà de six mois, délai extrême jusqu'ici requis pour la quarantaine ⁽⁴⁾. D'après ces informations, des chiens peuvent rester porteurs du virus rabique pendant plus de six mois après la contamination sans que l'on n'ait aucun procédé pour les dépister. Seul l'accès de rage a permis, dans ces cas (et peut permettre dans des cas semblables), de se rendre compte que les chiens étaient porteurs de virus. Si des circonstances fortuites n'étaient pas intervenues, ayant fait garder les chiens au-delà de la période de six mois exigée pour la quarantaine, les animaux auraient été rendus à la liberté, passé ce délai, et des foyers de rage auraient pu éclater en Grande Bretagne.

Ces faits prouvent que la mise en quarantaine pour la détection des porteurs de germes doit être, dans bien des cas, très prolongée, souvent dans des limites de temps incompatibles avec les exigences de la pratique des exportations et des importations. Nous pourrions multiplier les exemples. Ceux que nous venons de fournir suffisent à montrer que la mise en quarantaine des animaux expose à de sérieux mécomptes; elle est loin de donner toute satisfaction.

Il est d'autres moyens qui, ceux-là permettent aux pays jusque là, indemnes de se prémunir contre l'introduction des porteurs de germes et contre la pénétration et le développement sur leur sol des épizooties. C'est, d'une part, *l'application stricte des règlements de police sanitaire sévères*: interdiction des importations d'animaux vivants, de viandes de dépouilles animales, de denrées fourragères ou autres, en provenance de pays où sévit telle ou telle maladie épizootique, même si ces pays sont seulement partiellement infectés. C'est, d'autre part, *l'élimination sans délai, par l'abattage, des animaux atteints et suspects dans les foyers infectés dès leur apparition*: l'abattage annihile les virus et les bactéries, empêche leur multiplication et leur diffusion, s'oppose à la constitution de porteurs de germes, à l'éclosion de nouveaux foyers proches ou éloignés, à l'extension de l'épizootie.

C'est en employant de telles mesures rigoureusement appliquées que l'Europe a su, depuis un quart de siècle, se défendre victorieusement contre la

⁽³⁾ G. RAMON, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 508. Voir également *Bull. Off. internat. des Épizooties*, 39, 1953, p. 759.

⁽⁴⁾ *The Journ. of the Royal Army Veterinary Corps*, 26, 1925, p. 41.

peste bovine; que des pays comme l'Irlande, les États-Unis, l'Australie, la Nouvelle-Zélande, le Japon, etc. plus ou moins menacés par la *fièvre aphteuse* ont pu s'en préserver totalement, que d'autres pays tels que la Grande-Bretagne, la Norvège, la Suède, la Suisse, le Canada ont pu éviter l'épizootie aphteuse envahissante et ses désastreuses conséquences. C'est encore grâce aux mêmes mesures que la Belgique, la France, la Grande-Bretagne, la Suisse etc., ont pu se libérer de la *rage* ⁽⁵⁾ et prévenir son retour sur leur territoire, que de nombreux pays ont éliminé la *morve*, que d'autres pays encore, comme les États scandinaves et spécialement le Danemark ont pu réussir, pour leur plus grand profit, l'éradication totale de la *tuberculose bovine*, etc.

Dans l'état actuel de nos connaissances, ces mesures rigoureusement appliquées peuvent seules apporter *sa véritable solution au problème des porteurs de germes*; c'est à elles qu'il faut avoir recours pour qu'un pays qui doit se livrer à des importations d'animaux ou de produits d'origine animale soit préservé de l'introduction des porteurs et vecteurs de germes et de l'implantation, par leur intermédiaire, de maladies épizootiques dont ce pays est jusque là indemne.

Ce n'est pas seulement sur le plan national de chaque pays, mais encore sur le *plan international* que s'imposent la prise en considération et la mise en œuvre des mesures sanitaires qui ont prouvé, depuis longtemps, leur efficacité dans la lutte contre les épizooties.

Si l'on veut combattre, avec succès, des fléaux tels que la fièvre aphteuse, la rage, etc. offrant un caractère universel ou presque, il importe de coordonner les efforts de tous les pays en provoquant l'institution de *Conventions sanitaires* non pas seulement régionales mais mondiales et en veillant à leur exécution ⁽⁶⁾.

Pleinement conscient des ravages que causent les épizooties de fièvre aphteuse et dont la France elle-même a subi et continue de subir durement les désastreuses conséquences, le Gouvernement français a pris l'initiative de faire établir et de proposer aux autres Gouvernements, une « *Convention sanitaire internationale pour la prophylaxie mondiale de la fièvre aphteuse* ». Cette initiative a été appuyée par des vœux émis par l'Académie des Sciences et d'autres Académies. ⁽⁷⁾ Ce projet étudié et élaboré par une Conférence d'experts est maintenant soumis pour examen et ratification éventuelle aux autres Gouvernements.

Il en est de même d'un projet de « *Convention sanitaire internationale pour la prophylaxie générale de la rage* » ⁽⁸⁾.

⁽⁵⁾ G. RAMON, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1750; *Bull. Off. internat. des Épizooties*, 41, 1954, p. 1011.

⁽⁶⁾ Voir G. RAMON, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1173.

⁽⁷⁾ G. RAMON, *Bull. Off. internat. des Épizooties*, 43, 1955, p. 363. Le projet a été publié dans le *Bulletin de l'Office international des Épizooties*, 43, 1955, p. 440.

⁽⁸⁾ G. RAMON, *Bull. Off. internat. des Épizooties*, 41, 1954, p. 1011. Le projet que nous

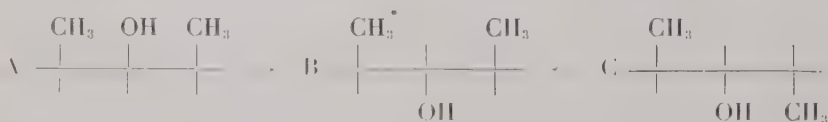
Il est désirable que des projets analogues soient établis, adoptés et ratifiés afin de lutter avec un succès toujours plus grand et plus étendu contre les maladies épizootiques qui ravagent les cheptels.

Ainsi seront finalement accrues les ressources alimentaires et autres, d'origine animale, et seront levées les entraves aux exportations et aux importations, entraves dues aux épizooties dont les porteurs de germes sont les agents propagateurs et qui causent de si graves préjudices non seulement à l'économie propre à chaque nation mais aussi à l'économie mondiale, à une époque où les pays en surproduction animale devraient diriger leurs excédents vers les régions que l'on qualifie de sous-développées, dont les populations sont sous-alimentées. Ainsi sera réalisée une importante contribution au mieux être de la collectivité humaine.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Phénomènes de transposition entre cyclohexanols stéréoisomères dissymétriquement substitués*. Note de MM. RAYMOND CORNUBERT et HUBERT LEMOINE.

Trois 3-méthyl-6-propylcyclohexanols-1 (*n*-menthols) se transposent en le quatrième qui se forme par la méthode au sodium; celle-ci continue à conduire à l'isomère le plus stable. Dans ces transformations, les auteurs voient l'amorce d'une méthode de détermination des structures des cyclohexanones correspondantes.

Nous avons précédemment montré qu'entre les trois 2.6-diméthylcyclohexanols-1 s'établissent les transpositions suivantes sous l'influence du sodium à 200° en présence d'air :



la transposition $A \rightarrow B$ se réalisant plus facilement que la transposition $C \rightarrow B$ ⁽¹⁾. Il a été conclu que, dans le passage A (alcool au platine) à B (alcool au sodium) le groupe OH émigre spatialement, et que dans la transposition $C \rightarrow B$, le groupe CH₃ en cis par rapport au groupe OH subit l'inversion.

Ces rabattements de groupes sont *a priori* des phénomènes apparents, mais il est actuellement, impossible d'envisager les choses autrement, car la seule interprétation avancée ne peut être retenue: en s'appuyant sur la génération de la trans- α -décalone, dont le décèlement n'est possible qu'au moment où

avons établi a été publié dans le *Bulletin de l'Office international des Épizooties*, **W**, 1955, p. 57.

(¹) R. CORNUBERT, P. ANZIANI, A. AUBRY, P. HARTMANN et MICHEL LEMOINE, *Bull. Soc. chim.*, (5), **17**, 1950, p. 631.

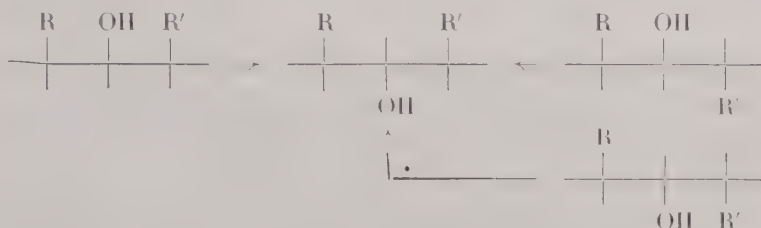
s'observe aussi l'inversion du *cis*-2-décalol F 93° p. ex., L. W. Hückel⁽²⁾ a considéré qu'il y a départ de H₂ aux dépens de l'alcoolate fournissant la cétone correspondante, opération suivie d'une régénération épimérisante de l'alcool par réduction de cette cétone par l'alcoolate.

D'abord les expériences de Doering, Cortes et Knox⁽³⁾ relatives aux fenchols qu'ils ont pu inverser vers 165-170° sous azote en opérant en présence d'une solution tertiobutylique de tertiobutylate de sodium et du système oxydo-réducteur fluorénone-fluorénol, montre que toute intervention d'atomes d'hydrogène en 2 du CHOH est inutile, les fenchols contenant le groupe



De plus les faits suivants observés à notre laboratoire, épimérisation à froid, à l'air, sous l'influence du sodium, du 4-méthylcyclohexanol-1-*cis* ⁽⁴⁾ et du *cis*-3,5-diméthylcyclohexanol-1 ⁽⁵⁾, montrent qu'il faut chercher ailleurs l'interprétation du phénomène. Nos études se poursuivent en particulier à propos de ces deux alcools au platine.

Quoi qu'il en soit, nous avons précédemment, en nous appuyant sur les faits observés à propos des alcools A, B, C, énoncé l'extrapolation suivante ⁽⁶⁾ :



Nous venons de la vérifier à propos des 3-méthyl-6-propylcyclohexanols-1 (menthols normaux ou *n*-menthols).

La cétone brute nécessaire a été préparée par alcoxylation de la 3-méthylcyclohexanone-1 par la méthode à l'oxalate d'éthyle (allylation, décarboxylation, hydrogénation). Cette cétone brute, mélange des deux stéréoisomères, par réduction au sodium, a fourni un alcool (I) F 19°; E₁₅ 99-101°; 3,5-dinitrobenzoate (DNB) F 100°; phénylurétanne (Ph. Ur.) F 83-84°; 5; par le platine

⁽²⁾ W. HÜCKEL et NAAB, *Ber.*, **64**B, 1931, p. 2137, le sodium agissant à 150-200° au moins,

⁽³⁾ DOERING, CORTES et KNOX, *J. Amer. Chem. Soc.*, **69**, 1947, p. 1700.

⁽⁴⁾ M^{lle} CLAUDON, *Bull. Soc. chim.*, (5), **17**, 1950, p. 627.

⁽⁵⁾ R. CORNUBERT et P. HARTMANN, *Bull. Soc. chim.*, (5), **13**, 1946, p. 579; (5), **15**, 1948, p. 867.

⁽⁶⁾ R. CORNUBERT et coll., *Bull. Soc. chim.*, (5), **18**, 1951, p. 21 C.

en milieu acétochlorhydrique elle a engendré deux alcools séparables par leurs DNB, les alcools (II) et (III) répondant aux constantes suivantes :

			DNB.	Ph. Ur.
(II).....	—	$\bar{E}_{20} 105^{\circ}$	F 119,5-120°	F 92,5-93°
(III).....	F 37°	$\bar{E}_{22} 111^{\circ}$	F 95-95,5°	F 77-78°

L'oxydation des alcools (I) et (II) par le mélange de Beckmann pauvre en acide sulfurique, a donné une cétone (V) tandis que l'oxydation de l'alcool (III) a fourni une autre cétone (VI).

	$\bar{E}$.	n_D^{20} .	Oxime.	Carbanilidoxime	Semicarbazone.
(V).....	100-101°/22	1,4482	F 87°,5	F 104°	F 156°
(VI).....	108°/25	1,4516	liq.	F 111-112°	F 189-190°

D'après les indices de réfraction, la cétone (V) est trans et la cétone (VI) est évidemment cis. La cétone (VI) est transposable par l'acide sulfurique en la cétone (V), la conversion inverse n'ayant pu être observée. Ces deux cétones, à l'état de semicarbazones, par la méthode de Kishner-Wolff, ont fourni deux carbures :

	$\bar{E}$.	d_{21} .	n_D^{20} .
Carbure de cétone (V).....	171°	0,7903	1,4361
» » (VI).....	173-175°	0,8105	1,4430

ce qui confirme les précédentes stéricités.

La cétone (VI), par réduction à l'isopropylate d'aluminium a donné l'alcool (III) à côté d'un autre alcool (IV) $\bar{E}_{12} 96-97^{\circ}$; DNB F 93,5-94°; Ph. Ur. F 82-83°.

Par chauffage avec du sodium à 200° pendant 50 h dans l'azote commercial, les alcools (II), (III) et (IV) se sont partiellement transposés en l'alcool (I), lui-même intransposable dans ces conditions. Dans ce cas, comme dans celui des 2.6-diméthylcyclohexanols, l'alcool dit au sodium est donc le plus stable de tous. Dans cette différence de comportement des paires d'alcools, nous voyons l'amorce d'une technique de détermination structurale des cyclohexanones correspondantes.

Ces quatre alcools ont engendré des phthalates acides; l'étude cinétique de leur saponification a conduit aux résultats suivants dans l'alcool à 20 % à 70° :

Ester de	(I).	(II).	(III).	(IV).
F.....	102,5-104°	101-103°	94-96°	87,5-89°
k ₇₀	0,84 ± 0,02	0,13 ± 0,02	1,51 ± 0,02	0,89 ± 0,04

Nous rappellerons que les alcools A, B, C, ont engendré des phthalates acides dont les constantes de saponification sont A : 0,048; B : 0,26; C : 0,77.

On note qu'ici c'est l'un des deux alcools dérivant de la cétone cis qui réagit

le plus rapidement (position 1,4 des alcoyles) tandis que dans la série A, B, C, c'est l'alcool relevant de la cétone trans (position 1,3 des groupes méthyle).

Il faut remarquer aussi que, bien qu'obtenu au moyen du platine, cet alcool (III) est le plus réactif, ce qui ne milite pas en faveur des idées exprimées par Eliel ⁽⁷⁾ qui s'est appuyé sur les mesures relatives de vitesses de réaction des menthols actifs vis-à-vis du chlorure de *p*-nitrobenzoyle ⁽⁸⁾ :

Cétone trans <i>l</i> -menthol	16,5	Cétone cis <i>d</i> -isomenthol	12,3
» <i>d</i> -néomenthol	1	» <i>d</i> -néoisomenthol	3,1

Cet auteur estime en effet que le néomenthol et le néoisomenthol réagissent ainsi lentement parce qu'il y a version de la forme à hydroxyle axial en la forme à hydroxyle équatorial avant réaction.

Nous espérons pouvoir revenir bientôt sur les structures gauches à attribuer aux quatre *n*-menthols.

GÉOLOGIE. — *Sur le cycle du sel.* Note de M. ALEXANDRE DAUVILLIER.

La méthode du sel est inadéquate pour évaluer l'âge des océans et leur salure pose l'énigme du sel. L'auteur suggère un cycle volcanique du sel, rendant compte de l'extraction du sodium des océans, de l'excès de chlore qu'ils renferment, et du maintien de leur alcalinité.

Halley a jadis suggéré que la salure océanique était due à l'apport salin des fleuves, les eaux fluviales étant capables de remplir les fosses océaniques en 50 000 ans. Mais les meilleures estimations de J. Murray ont conduit J. Joly en 1902 à un âge des océans compris entre 90 et 140 millions d'années, soit 40 fois trop court. La salure océanique montre un grand excès en NaCl (67 %) et un rapport Na/Cl = 0,56, inférieur à ce qu'il est dans la molécule : Na/Cl = 23/35,5 = 0,65. Les océans renferment, comme l'a montré Clarke, un fort excès de chlore. L'abondance géochimique montre un rapport Na/Cl = 10 et les roches renferment 20 fois plus de sodium que de chlore. La décomposition atmosphérique des feldspaths ne produit que des carbonates alcalins. En fait, les eaux fluviales montrent un extrait sec de 80 % de carbonates (0,2 % dans les océans) et de 7 % de chlorures. On ne saurait concevoir un cycle météorologique du sel. Les embruns marins sont locaux. Le sodium de la haute atmosphère semble d'origine cosmique. Les eaux de pluie, la neige et le givre, renferment surtout des chlorures de calcium et de magnésium et seulement 10⁻⁴ de NaCl. C'est l'énigme du sel soulignée par P. Termier.

(7) *Experientia*, 9, 1953, p. 91.

(8) READ et GRUBB, *J. chem. Soc.*, 1934, p. 1779.

Ed. Suess a attribué l'eau des océans à l'exhalaison volcanique juvénile au cours des périodes géologiques et Behrend a suggéré que la salure océanique avait été progressive et d'origine volcanique. Cependant, l'eau volcanique est si abondante que les fosses océaniques seraient remplies en quelques millions d'années. Elle ne saurait être juvénile. La Lune, malgré sa chaleur interne, ne produit ni volcanisme, ni vapeur d'eau. D'autre part, l'exsudat salin volcanique statistique n'a pas la composition chimique des sels marins.

Si les océans s'étaient condensés peu à peu, leur salure et leur pH n'auraient pu conserver leur équilibre délicat. Si, d'après Rubey, la concentration en ions Na^+ décroissait d'un centième, leur pH tomberait à 2,6 en entraînant la mort de tous les êtres marins. L'ensemble des faits géologiques et biologiques plaide en faveur de la pérennité des océans et de la vie.

Cet état de choses exige un cycle du sel et, puisque ce cycle ne peut être météorologique, il est nécessairement volcanique. La circulation des sels ne s'effectue pas par l'atmosphère, mais par le magma sous-océanique. Dans une précédente Note ⁽¹⁾, nous avons montré comment les eaux océaniques avaient été produites d'emblée lors de l'évolution chimique du magma primitif durant son refroidissement cosmique et comment elles avaient acquis dès l'origine leur salure actuelle. La *mer* d'halogénures alcalins fondus s'est condensée avant l'eau hypercritique. Nous considérons le volcanisme comme une *machine thermique nucléaire et chimique* utilisant le *cycle de l'eau hypercritique*. On sait, depuis les observations de Th. Belt (1861) et les travaux de Honnay et Hogarth (1879), de Van Nieuvenburg (1945), comment l'eau hypercritique est capable de dissoudre et de transporter de la silice, un grand nombre de sels, voire même du cuivre, de l'argent et de l'or. Les eaux océaniques qui pénètrent dans les failles sous-océaniques, disjointes par les séismes, ne peuvent s'y vaporiser par suite de la pression hydrostatique et passent directement à l'état hypercritique à la profondeur de 16 km en emportant tous leurs sels. Elles diffusent à travers les basaltes sous-jacents, — comme l'hydrogène, l'hélium et le néon traversent les verres chauffés —, et parviennent au magma subcrustal en y provoquant le chimisme volcanique.

Les courants internes de convection thermiques du magma y apportent, en effet, les hydrures, borures, nitrures, carbures, siliciures, sulfures, arséniures, etc. primitifs du magma profond. NaCl réagit sur la silice en pseudofusion hydrothermale. Le sodium est fixé à l'état de silicate et le chlore est dégagé par l'exsudat volcanique



⁽¹⁾ A. DAUVILLIER, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 1157; *Les Planètes*, 1 vol., 350 pages, Hermann, Paris, 1947.

Les fumerolles à haute température déposent les *chlorures marins* : NaCl , KCl , MgCl_2 , CaCl_2 et dégagent des halogènes libres ou combinés : NH_4Cl , FeCl_2 , MnCl_2 , Al_2Cl_6 , PbCl_2 , HBr et HCl . Citons, par exemple, le volcan Parace, en Colombie, source d'une rivière d'acide chlorhydrique : le Rio Vinagre. Fouqué a montré que MgCl_2 marin était décomposé en HCl et en MgO qui s'incorporait à la lave. Il a reconnu, dans les exhalaisons du Santorin, la présence d'une quinzaine de sels marins.

Le sodium des roches superficielles retourne ainsi au magma par l'intermédiaire des eaux marines qui s'enrichissent en chlore. Le rapport Na/Cl de ces eaux résulte d'un équilibre entre la vitesse d'érosion des roches ignées superficielles et l'intensité du cycle volcanique. Ainsi s'explique la concentration des halogènes et du bore dans le milieu marin.

Mais ce n'est pas tout, car ce cycle ne serait pas fermé. Or, les argiles kaoliniques, enfouies dans les géosynclinaux sous des sédiments puissants de 10 à 12 km, y sont soumises à des pressions de l'ordre de 2 500 atm et à des températures excédant 300° C. Elles y rencontrent l'eau hypercritique issue du magma sous-jacent, lui apportant la silice et les alcalins qui reconstituent les granites par cristallisation du quartz et des feldspaths. Ce sont les *fumerolles* de A. Michel-Lévy (1893); les *colonnes filtrantes* de P. Termier (1900); l'*ichor* de Sederholm (1924); le *poren magma*, d'Eskola (1932); le *film intergranulaire* de Wegmann (1935); la *trame* ou *apport*, de Raguin (1932), etc. Ce granite formera le cœur des sédiments le recouvrant, charriés et plissés par les pressions tangentielles engendrées par le volcanisme océanique et sera offert de nouveau à l'érosion atmosphérique. C'est au niveau du magma que s'opère la différenciation entre fumerolles *acides*, suivant l'éruption volcanique et restituant les halogènes aux océans, et les fumerolles *alcalines*, apportées par le magma sous les géosynclinaux.

Le thermalisme ramène aussi à la surface du natron et du borax. Ainsi la vie marine est-elle suspendue au cycle du sel et a-t-elle pu subsister depuis près de 4 milliards d'années.

M. PIERRE LEJAY s'exprime en ces termes :

Je voudrais donner à l'Académie quelques renseignements complétant ceux qu'a donnés la presse sur l'arrivée d'une expédition en Terre Adélie.

L'expédition polaire n'a pour ainsi dire pas rencontré de glace et a pu arriver il y a quatre jours devant pointe Géologie. Cependant le débarquement a dû être retardé de vingt-quatre heures par suite du mauvais temps. Le débarquement du matériel a pu commencer avant-hier dans de bonnes conditions. Les installations des expéditions précédentes ont été trouvées en bon état.

L'expédition est donc maintenant en avance sur le programme prévu ; La préparation est effectuée sur le terrain : l'année géophysique commence bien.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** annonce à l'Académie que le Tome 237 des *Comptes rendus* (2^e semestre de 1953) est en distribution au Secrétariat.

M. **PIERRE-P. GRASSÉ** fait hommage à l'Académie du tome XVII du *Traité de Zoologie, Anatomie, Systématique, Biologie*, publié sous sa direction : *Mammifères. Les ordres : Anatomie, Ethologie, Systématique*. 1^{er} et 2^e fascicules.

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **PIERRE PRUVOST** : *Carte géologique du Liban au 1/200 000*, et *Notice explicative*, par LOUIS DUBERTRET.

DÉSIGNATIONS.

M. **ANTOINE LACASSAGNE** est désigné pour représenter l'Académie au **VIII^e CONGRÈS INTERNATIONAL DE RADIOLOGIE**, qui aura lieu à Mexico, du 22 au 28 juillet 1956.

CORRESPONDANCE.

M. **WILLIAM LOTH** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Géographie et Navigation, par la mort de M. *Emmanuel de Martonne*.

MM. **CAMILLE ARAMBOURG**, **ANDRÉ DEMAY** et **JEAN ORCEL** prient l'Académie de bien vouloir les compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Géologie, par la mort de M. *Albert Michel-Lévy*.

M. **HENRI SIMONNET** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section d'Économie rurale, par la mort de M. *Maurice Javillier*.

M. **GASTON DELÉPINE** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place de Membre non résidant vacante par la mort de M. *Maurice Gignoux*.

M^{me} **RUBIN KHOUVINE** et M. **HERVÉ FLOCH** adressent des remerciements pour les distinctions accordées à leurs Travaux.

L'Académie est informée de la réunion du **LXXXI^e CONGRÈS NATIONAL DES SOCIÉTÉS SAVANTES**, qui se tiendra à Rouen et Caen, du 4 au 7 avril 1956.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Les Prix Nobel en 1954.*

2° Union astronomique internationale. *Circular. The ninth General Assembly at Dublin, August 29 to September 5, 1955.*

ALGÈBRE. — *Fonctions polygènes dans les algèbres linéaires associatives et commutatives.* Note (*) de M. **MARCEL N. ROSCULET**, présentée par M. Paul Montel.

1. Dans l'algèbre d'ordre $n + 1$ définie par la relation $\theta^{n+1} = 1$, soit

$$f(\omega) = \sum_{i=0}^n \theta^i U_i, \quad \omega = \sum_{i=0}^n \theta^i x_i, \quad (\theta^0 = 1),$$

une fonction hypercomplexe dont les composantes $U_i(x_0, x_1, \dots, x_n)$ sont données dans un domaine (Δ) de l'espace à $n + 1$ dimensions. On ne suppose pas que $f(\omega)$ soit monogène, donc les U_i ne vérifient pas dans (Δ) les relations obtenues en annulant le produit extérieur $df(\omega) d\omega$. Dans ce cas, $df/d\omega$ dépend de n paramètres $m_i = dx_i/dx_0$; en un point quelconque $M(x_0, x_1, \dots, x_n)$ de (Δ) , on a

$$\frac{df}{d\omega} = \sum_{k=0}^n \theta^k \frac{\frac{\partial U_k}{\partial x_0} + m_1 \frac{\partial U_k}{\partial x_1} + \dots + m_n \frac{\partial U_k}{\partial x_n}}{1 + \theta m_1 + \dots + \theta^n m_n}$$

et les composantes $\alpha_k = \alpha_k(x_0, x_1, \dots, x_n)$ sont situées sur l'hypersurface

$$(1) \quad \begin{vmatrix} \alpha_0 - \frac{\partial U_0}{\partial x_0} & \alpha_1 - \frac{\partial U_0}{\partial x_1} & \dots & \alpha_n - \frac{\partial U_0}{\partial x_n} \\ \alpha_n - \frac{\partial U_1}{\partial x_0} & \alpha_0 - \frac{\partial U_1}{\partial x_1} & \dots & \alpha_{n-1} - \frac{\partial U_1}{\partial x_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha_1 - \frac{\partial U_n}{\partial x_0} & \alpha_2 - \frac{\partial U_n}{\partial x_1} & \dots & \alpha_0 - \frac{\partial U_n}{\partial x_n} \end{vmatrix} = 0.$$

(*) Séance du 19 décembre 1955.

Quand l'algèbre est définie par les relations plus générales

$$(2) \quad \theta_i \theta_j = \sum_{k=0}^n a_{ijk} \theta_k \quad (j=1, 2, \dots, n; \theta_0=1),$$

l'hypersurface (1) est donnée par

$$\left| a_{ij} - \frac{\partial U_{i-1}}{\partial x_{j-1}} \right| = 0,$$

où $|a_{ij}|$ est le déterminant d'ordre $n+1$ qui donne la norme du nombre hypercomplexe $df/d\omega = \sum_{i=0}^n \alpha_i \theta^i$. On généralise ainsi les résultats de E. Kasner ⁽¹⁾.

2. La dérivée seconde dépend de x''_i , sauf dans le cas où $f(\omega)$ est monogène. La dérivée seconde rectilinéaire ⁽²⁾ a la forme

$$\frac{d^2 f}{d\omega^2} = \frac{\left[\sum_{i=0}^n x'_i \frac{\partial}{\partial x_i} \right]^2 f}{(1 + \theta x'_1 + \dots + \theta^n x'_n)^2}.$$

Dans l'algèbre définie par $\theta^{n+1}=1$, en utilisant la forme exponentielle d'un nombre hypercomplexe ⁽³⁾

$$(3) \quad \omega = \rho \exp(\theta \varphi_1 + \dots + \theta^n \varphi_n), \quad \rho = N^{\frac{1}{n+1}}(\omega),$$

et les nombres

$$\omega_k = \rho \exp(\varepsilon_k \theta \varphi_1 + \varepsilon_k^2 \theta^2 \varphi_2 + \dots + \varepsilon_k^n \theta^n \varphi_n) = \rho \exp(\varepsilon_k \theta \varphi)$$

($k=1, 2, \dots, n$) où $\varepsilon_k^{n+1}=1$, on obtient l'opérateur de dérivation rectilinéaire

$$(4) \quad \frac{d}{d\omega} = \exp(-\theta \varphi) \left[\exp(\theta \varphi) \frac{\partial}{\partial \omega} + \exp(\varepsilon_1 \theta \varphi) \frac{\partial}{\partial \omega_1} + \dots + \exp(\varepsilon_n \theta \varphi) \frac{\partial}{\partial \omega_n} \right]$$

qui permet de construire l'opérateur de dérivation rectilinéaire d'ordre quelconque

$$\frac{d^p}{d\omega^p} = \exp(-p \theta \varphi) \left[\exp(\theta \varphi) \frac{\partial}{\partial \omega} + \exp(\varepsilon_1 \theta \varphi) \frac{\partial}{\partial \omega_1} + \dots + \exp(\varepsilon_n \theta \varphi) \frac{\partial}{\partial \omega_n} \right]^p.$$

On généralise ainsi le résultat de Canasco Esteban ⁽⁴⁾ pour l'algèbre complexe. Pour l'algèbre (2), on obtient le résultat correspondant en remplaçant les racines ε'_k par les racines μ_{kj} des équations caractéristiques attachées aux θ_k .

⁽¹⁾ *Proc. Nat. Acad. Sc.*, **14**, 1928, p. 75-82.

⁽²⁾ E. KASNER, *Trans. Am. Math. Soc.*, **30**, 1928, p. 805-818.

⁽³⁾ M. ROSCULET, *Studii și Cercetări Mat. R. P. R.*, n°s 1-2, 1955, p. 135-174.

⁽⁴⁾ *Gaceta Mat.* (cité d'après *Math. Rev.*, 1951, p. 91).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Un théorème fondamental sur les fonctions méromorphes et leurs primitives.* Note de M. **KING-LAI HONG**, présentée par M. Paul Montel.

Pour les fonctions méromorphes admettant certaines primitives méromorphes, nous obtenons, par introduction d'une de telles primitives de la fonction considérée, un théorème qui étend le second théorème fondamental de M. R. Nevanlinna. Comme conséquence immédiate, sont démontrées quelques propositions sur les valeurs déficientes.

1. Soit $f(x)$ une fonction méromorphe dans tout le plan ⁽¹⁾ dont les fonctions primitives d'ordre k sont également méromorphes: en désignant par $f^{(-k)}$ une de ces primitives, nous trouvons l'inégalité

$$(1) \quad (p+q) T(r, f) < N(r, f) + [k(p+q)+1] \bar{N}(r, f) + (p+1) N\left(r, \frac{1}{f^{(-k)}}\right) \\ + \sum_{\mu=1}^p N\left(r, \frac{1}{f-a_{\mu}}\right) + \sum_{\nu=1}^q N\left(r, \frac{1}{f^{(-k)}-b_{\nu}}\right) - \mathcal{N}_1(r) + Q(r)$$

où

$$\mathcal{N}_1(r) = N_1(r, f) + N\left(r, \frac{1}{f}\right) + N\left(r, \frac{1}{f^{(-k+1)}}\right) \quad \text{avec} \quad N_1(r, f) = 2N(r, f) - N(r, f')$$

et

$$Q(r) = (p+q+1) m\left(r, \frac{f}{f^{(-k)}}\right) + S(r, f)_p + S(r, f^{(-k)})_q + p \log \left| \frac{f^{(-k)}(0)}{f(0)} \right|.$$

$S(r, f)_p$ étant le terme complémentaire de l'inégalité fondamentale de M. R. Nevanlinna appliquée à f pour les valeurs $0, \infty$ et a_{μ} ($\mu = 1, \dots, p$).¹

Mais $Q(r)$ ne peut être limité que dans des cas particuliers par une expression jouissant des propriétés du terme complémentaire habituel. Nous cherchons, pour le cas général, à le transformer en fonction de f et de r . Nous recourons d'abord à un lemme de M. Borel ⁽²⁾ pour éliminer φ de la quantité $\log N(\varphi, 1/f^{(-k)})$ qui se trouve dans la majoration de $\log T(\varphi, f^{(-k)})$ et, afin de pouvoir limiter en même temps $\log \varphi$ ($\varphi = r$), nous appliquons aussi ce lemme à $T(r, f)$ et à $T(r, f^{(-k)}) + K$, K étant une constante assez grande. Nous sommes alors conduit à considérer une quantité de la forme $\lambda \log N(r, 1/f^{(-k)})$, λ étant une constante numérique. Ensuite, par variation d'une certaine fonction, nous constatons que cette quantité peut être majorée par $N(r, 1/f^{(-k)}) + \lambda'$, λ' étant de même nature que λ . Alors nous arrivons aisément à ce résultat :

THÉORÈME 1. — *Soit $f(x)$ une fonction méromorphe dont les primitives d'ordre*

⁽¹⁾ Dans la suite, nous dirons simplement fonction méromorphe. Pour les fonctions méromorphes dans le cercle-unité, on aura des résultats analogues sous une hypothèse.

⁽²⁾ *Acta Math.*, 20, 1897.

k sont également méromorphes et l'on désigne par $f^{(-k)}$ une de ces primitives; soient ensuite $a_\mu (\mu = 1, \dots, p)$ et $b_\nu (\nu = 1, \dots, q)$ deux groupes de nombres finis différents de zéro et distincts entre eux dans chaque groupe. En supposant $f(0) \neq 0$, a_μ ; $f'(0) \neq 0$; $f^{(-k)}(0) \neq 0$, ∞ , b_ν ; $f^{(-k+1)}(0) \neq 0$ et en prenant une valeur suffisamment grande, r_0 , on a pour $r > r_0$ l'inégalité

$$(2) \quad (p+q)T(r, f) < [k(p+q) + 2]\bar{N}(r, f) + (p+2)N\left(r, \frac{1}{f^{(-k)}}\right) \\ + \sum_{\mu=1}^p N\left(r, \frac{1}{f - a_\mu}\right) + \sum_{\nu=1}^q N\left(r, \frac{1}{f^{(-k)} - b_\nu}\right) \\ - \left[N\left(r, \frac{1}{f}\right) + N\left(r, \frac{1}{f^{(-k+1)}}\right) \right] + S_{-k}(r, f)$$

sauf peut-être, dans le cas où $f^{(-k)}$ est d'ordre infini, pour une suite d'intervalles extraordinaires $\{ \mathcal{J} \}$ dont la longueur totale est finie.

On a $S_{-k}(r, f) < O[\log(rT(r, f))]$ en excluant éventuellement la suite $\{ \mathcal{J} \}$.

Remarque. — Si, en posant $h = k(p+q) + 1$, la fonction $f^{(-h)}$ est méromorphe, l'inégalité (2) peut s'écrire

$$(2)' \quad (p+q)T(r, f) < N(r, f) + (p+2)N\left(r, \frac{1}{f^{(-k)}}\right) \\ + \sum_{\mu=1}^p N\left(r, \frac{1}{f - a_\mu}\right) + \sum_{\nu=1}^q N\left(r, \frac{1}{f^{(-k)} - b_\nu}\right) \\ - \left[N\left(r, \frac{1}{f}\right) + N\left(r, \frac{1}{f^{(-k+1)}}\right) \right] + S_{-k}(r, f).$$

2. Dans les trois cas suivants : 1° $f^{(-k)}$ est d'ordre fini; 2° zéro a pour $f^{(-k)}$ un défaut $\delta^{(-k)}(0) > 0$; 3° $m(r, f^{(-k)}) \leq [\tau + o(1)]T(r, f)$, τ étant un nombre positif, la majoration de $Q(r)$ peut s'effectuer d'une façon simple et l'inégalité fondamentale dans laquelle le coefficient de $N(r, 1/f^{(-k)})$ devient $p+1$ est valable pour toutes les valeurs de $r > r_0$. Dans les deux derniers cas, $S_{-k}(r, f)$ contient p comme le terme complémentaire habituel.

3. S'il s'agit de limiter $T(r, f)$ au moyen de trois indices de densité, nous trouvons un résultat encore plus favorable.

THÉORÈME II. — f et $f^{(-k)}$ étant définis comme dans le théorème I, soient a et b deux nombres finis : a est différent de zéro et b peut s'annuler. En supposant $f(0) \neq 0$, a ; $f'(0) \neq 0$; $f^{(-k)}(0) \neq 0$, ∞ , b ; $f^{(-k+1)}(0) \neq 0$ et en désignant par r_0 une valeur suffisamment grande, on a pour $r > r_0$ l'inégalité

$$(3) \quad T(r, f) < N(r, f) + N\left(r, \frac{1}{f - a}\right) + N\left(r, \frac{1}{f^{(-k)} - b}\right) - N\left(r, \frac{1}{f}\right) + S_{-k}(r, f),$$

en excluant éventuellement, dans le cas où $f^{(-k)}$ est d'ordre infini, une suite d'intervalles dont la longueur totale est finie. En dehors de cette suite, on a $S_{-k}(r, f) < O[\log(rT(r, f))]$.

Pour les trois cas particuliers précisés au n° 2, on a des résultats simples analogues.

Remarque. — Dans les deux théorèmes précédents, les restrictions à l'origine peuvent être levées par le procédé que l'on utilise dans le théorème fondamental habituel.

4. L'application des théorèmes précédents (ou avec une légère modification) nous permet de démontrer entre autres les suivants :

THÉOREME III. — *Si une fonction méromorphe $f(x)$ admet l'infini comme valeur déficiente de défaut 1 et si une de ses primitives $f^{(-k)}$ supposée méromorphe admet un nombre fini (pouvant être zéro) comme valeur déficiente de défaut 1 aussi, alors aucun nombre fini non nul ne peut être une valeur déficiente pour f .*

THÉOREME IV. — *Étant donnée une fonction méromorphe non rationnelle $f(x)$, on suppose que ses primitives d'ordre k sont aussi méromorphes et l'on désigne l'une d'elles par $f^{(-k)}$; si $f^{(-k)}$ admet un nombre fini comme valeur déficiente de défaut 1, alors f ne peut admettre l'infini et un nombre fini non nul comme valeurs déficientes telles que la somme de leurs défauts dépasse 1.*

THÉOREME V. — *f et $f^{(-k)}$ étant définis comme dans le théorème IV, on suppose que les primitives d'ordre $k(p+q)+1$ sont méromorphes. Si $f^{(-k)}$ admet, comme valeurs déficientes, zéro et un ensemble E de nombres finis non nuls tels que le défaut de zéro soit 1 et le défaut total de E soit supérieur ou égal à un nombre $l_1 > 0$, alors f ne peut pas admettre un ensemble de nombres infinis ou finis distincts entre eux et différents de zéro, tels que leur défaut total dépasse un nombre $l > 1 - l_1$.*

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Prolongement d'une fonction plurisousharmonique sur certains ensembles de capacité nulle.* Note (*) de M. **PIERRE LELONG**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Soit D un domaine situé sur une variété (M_n) à structure analytique complexe, celle-ci étant définie à l'aide d'un recouvrement (U_i) de (M_n) par des domaines $U_i = F_i(\Omega_0)$ F_i établissant une correspondance pseudo-conforme entre U_i et un domaine Ω_0 de l'espace C^n des variables complexes z_k , ($1 \leq k \leq n$) : les notions de fonction sousharmonique, plurisousharmonique, celle d'ensemble de capacité nulle qui sont définies à partir de propriétés locales se transportent sur (M_n) par l'image F_i . Dans D nous considérerons un ensemble E localement compact; E sera dit *ensemble singulier improprie* pour une classe de fonctions plurisousharmonique si toute fonction $V(P)$ de la classe considérée, plurisousharmonique et uniforme dans $D - E$, se prolonge d'une manière unique en une fonction plurisousharmonique dans tout le domaine D . Nous donnerons deux énoncés; le premier concerne les fonctions plurisousharmoni-

(*) Séance du 19 décembre 1955.

niques bornées supérieurement et étend un résultat connu dans la classe des fonctions sousharmoniques et harmoniques ⁽¹⁾.

THÉOREME 1. — *Si l'ensemble $E \subset D$ est localement compact et de capacité nulle (en dimension $2n$) dans chacun des voisinages U_i , toute fonction $V(P)$, plurisousharmonique et uniforme dans le domaine $D - E$, bornée supérieurement au voisinage de chaque point de E , peut être prolongée dans D .*

Le prolongement est unique et se fait comme pour une fonction sousharmonique quelconque ⁽¹⁾ en posant

$$(1) \quad V(P) = \limsup V(M) \quad \text{pour } P \in E, M \rightarrow P, M \in D - E.$$

La démonstration repose sur la propriété suivante, caractéristique des fonctions plurisousharmoniques ⁽²⁾ : elles sont localement sommables, égales en chaque point à leur maximum en mesure et la forme

$$\delta[V; \vec{\alpha}] = \sum_{i,j} \frac{\partial^2 V}{\partial z_i \partial \bar{z}_j} \alpha_i \bar{\alpha}_j$$

définit une mesure positive quel que soit le vecteur complexe $\vec{\alpha} = (\alpha_k)$. On établit :

LEMME. — *Si $V(P)$ est une fonction sousharmonique sur un espace de voisinages (U_i) à structure analytique complexe et si quelle que soit la transformation linéaire $T: z_k^i = \sum \alpha_k^i \bar{z}_k^i$, de déterminant non nul, faites sur les coordonnées locales dans U_i , $V(P)$ demeure sousharmonique, alors V est plurisousharmonique relativement à la structure complexe définie par les (U_i) .*

Le théorème 1 en résulte : dans Ω_0 , $e_i = F_i^{-1}[U_i \cap E]$ est en effet de capacité nulle; il en est de même de $T^{-1}(e_i)$; l'image de $V(P)$ dans Ω_0 se prolonge par (1) comme fonction sousharmonique dans le domaine $T^{-1}(\Omega_0)$ et ceci quel que soit T de déterminant non nul; les conditions du lemme sont vérifiées.

Les sous-variétés analytiques complexes sur (M_n) , plus généralement les ensembles fermés appartenant dans chaque U_i à l'ensemble des infinis négatifs d'une fonction $W_i(P)$ plurisousharmonique dans U_i , ainsi que tous leurs sous ensembles, sont des singularités impropres des fonctions plurisousharmoniques bornées supérieurement.

2. On obtiendra un énoncé valable pour les fonctions plurisousharmoniques quelconques en faisant une hypothèse plus restrictive sur le sous ensemble fermé $E' \subset E$ au voisinage duquel $V(P)$ n'est pas supposé borné supérieurement. On appelle disque ⁽³⁾ $Q(t)$ l'image du cercle $|u| \leq 1$ par une transformation $z_k = \varphi_k(u, t)$, les φ_k étant holomorphes de u pour $|u| < 1$, continues uni-

(1) Cf. M. BRELOT, *Bull. des Sc. Math.*, 2^e série, 65, 1941, p. 72-98.

(2) Cf. P. LELONG, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2276.

(3) Cf. P. LELONG, *Journal d'Analyse*, Jérusalem, 2, 1952, p. 178-208.

formément de (u, t) pour $|u| \leq 1$, $0 \leq t \leq 1$; l'image de $|u| = 1$ est appelée bord de $Q(t)$. On partira de la remarque suivante :

Si $V(M)$ est une fonction plurisousharmonique dans un domaine Δ , elle demeure bornée au voisinage de tout point frontière P de Δ tel que, à toute suite $P_n \in \Delta$ qui converge vers P , on puisse associer une suite de disques $Q(t_n)$, $P_n \in Q(t_n)$, $t_n \rightarrow 1$, $Q(1)$ ayant son bord dans Δ .

De là on déduit en particulier, D étant un domaine de C^n :

THÉOREME 2. — Soit $V(M)$ une fonction plurisousharmonique, uniforme dans $D - E$, E étant un ensemble localement compact et de capacité nulle (en dimension $2n$) de points de D ; si le sous-ensemble $E' \subset E$ des points de E au voisinage desquels $V(M)$ n'est pas bornée supérieurement satisfait aux conditions suivantes :

a. il existe une direction complexe $\vec{a}$ et un sous-espace C^{n-1} ne contenant pas $\vec{a}$ tels que E' se projette sur C^{n-1} parallèlement à $\vec{a}$ suivant un ensemble e de capacité nulle (en dimension $2n - 2$) dans C^{n-1} .

b. la section de E' par le plan projetant $\pi^1(m, \vec{a})$ de direction $\vec{a}$, passant par $m \in e$ est un ensemble fermé $\eta(m)$ de capacité nulle (en dimension 2) dans $\pi^1(m, \vec{a})$.

Alors E' est vide et $V(M)$ admet dans tout D un prolongement plurisousharmonique.

En particulier les variétés analytiques complexes de dimension complexe au plus $n - 2$ sont des singularités impropres des fonctions plurisousharmoniques uniformes, résultat annoncé récemment par Grauert et R. Remmert.

L'énoncé du théorème 2 s'interprète aisément sur une variété (M_n) à structure analytique complexe en utilisant une famille de sous-variétés, images des plans $\pi^1(m, \vec{a})$.

FONCTIONS SPÉCIALES. — *Dérivée de la fonction associée de Legendre de première espèce, par rapport à son degré.* Note de M. Louis ROBIX, présentée par M. Henri Villat.

On donne l'expression générale de cette dérivée, sa valeur dans certains cas particuliers et l'expression simple d'une fonction hypergéométrique généralisée.

L'expression classique,

$$P_n^m(\mu) = \frac{1}{(-m)!} \left(\frac{\mu+1}{\mu-1} \right)^{\frac{m}{2}} F \left(-n, n+1; 1-m; \frac{1-\mu}{2} \right),$$

nous donne, en dérivant le terme général de la série,

$$(1) \quad \frac{\partial P_n^m(\mu)}{\partial n} = \left(\frac{\mu+1}{\mu-1} \right)^{\frac{m}{2}} \sum_{p=1}^{\infty} \frac{(n+p)!}{(n-p)! p! (p-m)!} \left(\frac{\mu-1}{2} \right)^p [\psi(n+p) - \psi(n-p)],$$

avec

$$\psi(x) = \frac{d \log x!}{dx}.$$

Le développement (1) est valable, quel que soit m et pour $|\mu - 1| < 2$. En outre, il suppose n non entier.

Pour $n = q$ entier, nous avons opéré par passage à la limite sur (1). Nous avons ainsi obtenu

$$(2) \quad \left[\frac{\partial P_n^m(\mu)}{\partial n} \right]_{n=q} = \left(\frac{\mu+1}{\mu-1} \right)^2 \sum_{p=1}^m \sum_{q=1}^q \frac{(q+p)!}{(q-p)!} \frac{\left(\frac{\mu-1}{2} \right)^p}{p!(p-m)!} [\psi(q+p) - \psi(q-p)] \\ \frac{(2q+1)! \left(\frac{\mu-1}{2} \right)^{q-1}}{(q+1)!(q+1-m)!} {}_3F_2 \left(1, 1, 2q+2; q+2, q+2-m; \frac{1-\mu}{2} \right),$$

où ${}_3F_2$ est une fonction hypergéométrique généralisée.

$\partial P_n^m / \partial n$ prend des valeurs opposées, pour deux valeurs n et n' telles que $n + n' = -1$.

Pour $m = 0$, Schelkunoff a donné une autre expression de $\partial P_n / \partial n$, pour les valeurs entières de n (4).

Par comparaison avec (2), nous avons la relation,

$$(3) \quad \frac{(2q+1)! (-z)^{q+1}}{[(q+1)!]^2} {}_3F_2(1, 1, 2q+2; q+2, q+2; z) \\ = \log(1-z) P_q(1-2z) + \sum_{p=1}^q \frac{(q+p)! (-z)^p}{(q-p)!(p!)^2} [\psi(q+p) + \psi(q-p) - 2\psi(q)].$$

La formule (1) se simplifie beaucoup pour $n = q - 1/2$, où q est toujours entier, en raison de

$$\psi\left(q - p - \frac{1}{2}\right) - \psi\left(q - p' - \frac{1}{2}\right) = \frac{1}{p - q + \frac{1}{2}} + \frac{1}{p - q + \frac{3}{2}} + \dots + \frac{1}{p + q - \frac{1}{2}},$$

somme composée de $2q$ fractions simples seulement, quel que soit p .

En particulier,

$$(4) \quad \left[\frac{\partial P_n^m(\mu)}{\partial n} \right]_{n=-\frac{1}{2}} = 0 \quad \text{quel que soit } m,$$

$$(5) \quad \left[\frac{\partial P_n(\cos \theta)}{\partial n} \right]_{n=\frac{1}{2}} = -2 \sin^2 \frac{\theta}{2} F\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}; 2; \sin^2 \frac{\theta}{2}\right) = -4 \sin \theta P_{-\frac{1}{2}}^1(\cos \theta).$$

La relation de récurrence,

$$(m-n-2) P_{n+2}^m(\mu) + (2n+3) \mu P_{n+1}^m(\mu) - (m+n+1) P_n^m(\mu) = 0,$$

(4) *Proc. Inst. Rad. Eng.*, 29, 1941, p. 514-515.

dont tous les termes sont des fonctions analytiques de n , peut être dérivée indéfiniment par rapport à cette variable. Faisant $m = 0$ et dérivant une fois, nous avons :

$$(6) \quad (n+2) \frac{\partial P_{n+2}(\mu)}{\partial n} + P_{n+2}(\mu) - (2n+3) \mu \frac{\partial P_{n+1}(\mu)}{\partial n} - 2\mu P_{n+1}(\mu) + (n+1) \frac{\partial P_n(\mu)}{\partial n} + P_n(\mu) = 0.$$

Cette relation (6) nous permet d'obtenir $\partial P_n / \partial n$, pour $n = 3/2, 5/2, \dots$. Elle donne même $(\partial P_n / \partial n)_{n = \frac{1}{2}}$, compte tenu de (4) et de

$$\left(\frac{\partial P_n}{\partial n} \right)_{n = -\frac{3}{2}} = - \left(\frac{\partial P_n}{\partial n} \right)_{n = \frac{1}{2}}.$$

GÉOMÉTRIE ALGÈBRE. — *Les formes de première et de seconde espèces attachées à une variété algébrique*. Note (*) de M. FRANCESCO SEVERI, présentée par M. René Garnier.

Je rappelle avant tout, au point de vue de la géométrie algébrique classique et en préparation d'une communication ultérieure, des résultats en partie connus. Soient : M_r une variété algébrique irréductible ∞^r , non singulière, du corps complexe, plongée dans un espace affine $S_d(x_1, x_2, \dots, x_d)$; ω une forme différentielle extérieure, au sens de Poincaré et de Cartan, de degré $k(\leq r)$ par rapport aux différentielles des variables indépendantes $x_1, x_2, \dots, x_r$. Les coefficients de ω soient des fonctions rationnelles sur M_r et par conséquent des fonctions méromorphes de r coordonnées locales, arbitrairement choisies, dans le domaine de chaque point de M_r . Si $k = r$, ω est automatiquement intégrable et satisfait au théorème de Cauchy-Poincaré; si $k < r$ il y faut des conditions d'intégrabilité (Poincaré), résumées par $d\omega \equiv 0$, $d\omega$ étant la différentielle extérieure de ω . Nous ne supposons pas ici *a priori* que ω soit intégrable. Ajoutons que M_r et ω sont envisagées à des transformations birationnelles près entre modèles non singuliers de M_r , de sorte qu'un point à l'infini de M_r est équivalent à un point propre, vis-à-vis des homographies, et que les singularités de ω sont envisagées, elles-mêmes, au point de vue projectif.

On dit que ω est de *première espèce* si, après avoir transformé les variables au moyen des coordonnées locales dans le domaine d'un point P quelconque de M_r , tout coefficient de la forme transformée est *holomorphe* en P, de sorte que, même si P est singulier par rapport aux variables x , sa *singularité* est *accidentelle*, en tant qu'elle dépend du choix des variables. On appelle *période*

(*) Séance du 14 décembre 1955.

d'une forme de degré k (d'espèce quelconque) la valeur de $\int \omega$ étendue à un cycle Γ_k de M_r (de sa riemannienne !), si cette valeur est finie ou, lorsque ω est singulière sur Γ_k , si elle converge vers une valeur finie moyennant un procédé convenable de limite. Il va sans dire que Γ_k est un cycle réel, au point de vue topologique, et non une variété algébrique virtuelle pour laquelle je ne trouve pas de raisons suffisantes pour changer mon ancienne dénomination, d'autant plus que sur les cycles algébriques ou analytiques de dimension complexe h (réelle $k = 2h$), toute forme de degré $> h$ est identiquement nulle.

Si Γ_k ne contient aucune singularité de ω et s'il est homologue à zéro sur M_r , la période s'appelle un *résidu* de ω . L'objectivité envers les créateurs des idées-mères exige de rappeler que la première idée des périodes remonte à Betti, celle des résidus à Poincaré, celle des formes de première espèce à Kähler.

Lorsque ω a tout résidu nul, elle est de *seconde espèce*. Dans ce cas $\int \omega$ se réduit, pour $r = k = 2$, aux intégrales doubles de seconde espèce sur une surface, profondément étudiées par Picard et M. Lefschetz. Il résulte de ce qui va suivre que toute ω de première espèce est de seconde espèce et que toute Γ_k donne une période finie d'une forme de degré k , de première ou de seconde espèce.

Les formes de seconde espèce ω ont été étudiées récemment par MM. Hodge et Atiyah ⁽¹⁾ surtout en ce qui concerne l'équivalence de trois certaines définitions de telles formes. Deux de ces définitions (topologique, l'une; analytique, l'autre) étendent Picard-Lefschetz. Sur le fondement d'une notion relative d'espèce par rapport aux résidus d'une ω , à l'intérieur de $M_r - W_{r-1}$ (W_{r-1} étant une variété quelconque renfermant les points singuliers de ω), je prouve aisément l'équivalence des deux définitions (ce qui a été démontré aussi par MM. Hodge et Atiyah, d'après une certaine conjecture).

Une forme de première espèce sans période est en conséquence identiquement nulle : pour $r = k$ c'est un important théorème de M. Hodge (1930), qu'on étend aisément à un degré quelconque. Le théorème principal de ce genre de recherches est qu'une ω de degré quelconque est nécessairement intégrable lorsqu'elle est de première espèce (Kähler, 1932). Pour les différentielles linéaires sur une surface F j'ai énoncé le théorème dès 1908. J'ai démontré après son équivalence au théorème en vertu duquel toute intégrale double de première espèce sans périodes sur F s'évanouit; et en 1922 j'ai exposé aussi une tentative de preuve (qu'on peut aujourd'hui aisément compléter) de ce dernier théorème, théorème dont la démonstration est un des brillants résultats de M. Hodge; de ce résultat j'ai déduit, à mon tour, la preuve définitive du théorème d'après lequel toute différentielle linéaire de

(1) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1333; *Ann. of Math.*, juillet 1955.

première espèce (différentielle semi-exacte) est en conséquence exacte (différentielle de Picard).

Pour ce qui se rapporte aux formes de seconde espèce on voit tout de suite qu'une forme ω de seconde espèce est nécessairement intégrable. En étendant Picard, j'appelle *impropre* une ω sans période (et donc nécessairement de seconde espèce). Si ω est de première espèce nous avons rappelé que $\omega \equiv 0$; tandis qu'il existe des ω impropres non nulles, de seconde espèce. On voit tout de suite que, si ω est une forme d'espèce quelconque, la forme $d\omega$ est toujours (de seconde espèce et) *impropre par rapport* à l'ensemble des points singuliers de ω .

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les espaces à connexion projective.*

Note (*) de M. **GEORGES VRANCEANU**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Classification des espaces à connexion affine de É. Cartan, d'après l'absence ou le nombre des solutions d'un certain système d'équations aux dérivées partielles.

On sait qu'on appelle, après É. Cartan, espace à connexion projective $P_n(x^1, \dots, x^n)$, un espace qui possède la propriété qu'entre deux de ses espaces locaux tangents voisins, il y a une correspondance projective. Analytiquement cela revient à se donner un système de $n^3 + n^2$ fonctions $\Gamma_{jk}^i, \Gamma_{jk}^0$ des coordonnées $x^1, \dots, x^n$ de l'espace, qui par une transformation de variables

$$(1) \quad x'^i = x'^i(x^1, \dots, x^n), \quad x'^0 = x^0 + \alpha(x^1, \dots, x^n)$$

où x^0 est une variable auxiliaire, se transforment d'après les formules (1)

$$(2) \quad \begin{cases} \frac{\partial^2 x'^i}{\partial x'^j \partial x'^k} = \Gamma_{rs}^i \frac{\partial x'^r}{\partial x^j} \frac{\partial x'^s}{\partial x^k} - \frac{\partial x'^i}{\partial x^j} \frac{\partial \alpha}{\partial x^k} - \frac{\partial x'^i}{\partial x^k} \frac{\partial \alpha}{\partial x^j} - \Gamma_{jk}^r \frac{\partial x'^i}{\partial x^r}, \\ \frac{\partial^2 \alpha}{\partial x'^j \partial x'^k} = \Gamma_{rs}^0 \frac{\partial x'^r}{\partial x^j} \frac{\partial x'^s}{\partial x^k} - \frac{\partial \alpha}{\partial x^k} \frac{\partial \alpha}{\partial x^j} - \Gamma_{jk}^r \frac{\partial \alpha}{\partial x^r} - \Gamma_{jk}^0. \end{cases}$$

Nous allons observer maintenant qu'à chaque espace P_n on peut associer le système aux dérivées partielles

$$(3) \quad \frac{\partial^2 z}{\partial x'^j \partial x'^k} + \Gamma_{jk}^i \frac{\partial z}{\partial x'^i} + \Gamma_{ik}^0 z = 0$$

et inversement, car à toute transformation de fonction z et de variables $x^1, \dots, x^n$,

$$(4) \quad z' = z e^{-\alpha}, \quad x'^i = x'^i(x^1, \dots, x^n)$$

les coefficients du système (3) se transforment d'après les formules (2). Il en résulte que les propriétés de l'espace P_n sont concentrées dans le système (3).

(*) Séance du 14 décembre 1955.

(1) Voir par exemple G. VRANCEANU, *Leçons de géométrie différentielle*, 1, 1947, Bucarest, p. 375.

Dans le cas où ce système est complètement intégrable, c'est M. A. Urban qui a montré d'une autre manière qu'on peut lui associer un espace à connexion projective ⁽²⁾. D'ailleurs dans le cas général comme me l'a fait remarquer M. E. Cech, une démonstration résulte aussi des formules de structure de É. Cartan.

On peut utiliser le système (3) dans l'étude de l'espace P_n . Si l'espace P_n est localement euclidien, le système (3) est complètement intégrable, donc il possède $n+1$ intégrales indépendantes $z^1, \dots, z^n, z^0$. Si l'on prend les $y^i = z^i/z^0$ comme de nouvelles variables, dans ces variables les composantes de la connexion projective sont toutes nulles, donc les variables $y^1, \dots, y^n$ sont des coordonnées projectives de l'espace. On peut montrer que le système (3) étant complètement intégrable et $\Gamma_{jk}^i, \Gamma_{jk}^0$ étant des fonctions analytiques, dans un certain voisinage (region ouverte simplement connexe), on peut s'arranger de façon que z^0 soit différent de zéro dans ce voisinage et que les $y^1, \dots, y^n$ soient des coordonnées projectives valables dans tout le voisinage.

Étant donné donc un espace P_n comme variété différentielle globale à l'aide d'un ensemble de voisinages, donc un ensemble de systèmes (3), si P_n est localement euclidien dans chaque voisinage, alors on peut choisir dans chacun des voisinages (au moins si la variété est analytique) un système de coordonnées projectives. Si $V(y^1, \dots, y^n)$ et $V'(y'^1, \dots, y'^n)$ sont deux voisinages rapportés à des coordonnées projectives, dans les points communs de V et V' il y a une correspondance projective entre les y^i et y'^i . Si cette correspondance est affine, on peut s'arranger de façon qu'elle soit $y'^i = y^i$, donc V, V' appartiennent au même voisinage euclidien $E_n(y^1, \dots, y^n)$. On sait d'autre part que l'espace projectif est défini à l'aide de $n+1$ voisinages euclidiens suivant qu'une ou l'autre de $n+1$ coordonnées homogènes $u^1, \dots, u^n, u^0$ de l'espace n'est pas nulle. Nous avons donc un moyen de voir dans quelles conditions l'espace P_n localement euclidien est équivalent en grand à l'espace projectif, c'est-à-dire d'étendre le théorème d'Élie Cartan relatif aux espaces riemanniens V_n aux espaces P_n .

Dans le cas où l'espace P_n est un espace à connexion affine A_n , donc Γ_{jk}^0 sont nulles, nous avons le théorème : *Si l'espace A_n est localement euclidien et simplement connexe, à chaque point de A_n correspond un seul point de l'espace euclidien E_n .*

Supposons maintenant que le système (3) ne soit pas complètement intégrable. Il peut n'avoir aucune solution. C'est le cas général. S'il possède une solution, on peut s'arranger de façon que cette solution soit une constante et alors les Γ_{jk}^0 sont nulles et l'on peut donc associer à l'espace P_n l'espace à connexion affine A_n , dont les coefficients de connexion sont Γ_{jk}^i . Supposons que le système (3) possède encore les solutions indépendantes $z^1, \dots, z^m$ ($m < n$).

(2) A. URBAN, *Koninklijke Ak. van Wet.*, 52, 1949, p. 303-315.

On peut, alors, par une transformation de variables, supposer que $z^i = x^i$ ($i = 1, \dots, m$) et en ce cas $\Gamma_{jk}^i = 0$ ($i \leq m$) et l'espace est un espace de Kagan $m - 1$ fois projectif et il peut être considéré comme le produit d'un espace projectif P_m et un espace à connexion affine A_{n-m} ⁽³⁾. Nous avons donc une possibilité de classer les espaces P_n suivant que le système (3) ne possède pas de solutions ou en possède une ou plusieurs. De même on peut considérer les espaces P_n à connexion constante, comme les espaces P_n , qui par une transformation (4) se réduisent à avoir pour Γ_{jk}^i , Γ_{jk}^0 des constantes. A ces espaces on peut associer une algèbre de $n + 1$ nombres hypercomplexes.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les isométries des variétés presque kähleriennes*. Note (*) de M^{me} MADHUMALATI APTE, présentée par M. Joseph Pérès.

Cas où le groupe connexe d'isométries conserve la structure presque kählerienne. Condition nécessaire du second ordre relative à un groupe à un paramètre d'automorphismes. Conséquences dans le cas compact.

Étant donnée une variété symplectique V_{2n} , de dimension $2n$, de 2-forme fondamentale F , introduisons sur V_{2n} une métrique échangeable avec F . On définit ainsi sur V_{2n} une structure presque kählerienne. Relativement à des corepères adaptés ⁽¹⁾ (θ^z , θ^{z*}) la métrique et la 2-forme peuvent s'écrire respectivement,

$$ds^2 = 2 \sum_{\alpha} \theta^{\alpha} \theta^{\alpha*}, \quad F = i \sum_{\alpha} \theta^{\alpha} \wedge \theta^{\alpha*}$$

et la forme étant fermée

$$(1) \quad dF = 0,$$

V_{2n} admet la structure presque complexe J définie par le champ d'opérateurs

$$J: \quad v^i \rightarrow F^i_j v^j.$$

Nous désignerons par d et δ les opérateurs de différentiation et codifférentiation extérieure, par ∇_k l'opérateur de dérivation covariante dans la connexion riemannienne définie par les 1-formes locales $\pi_j^i = \gamma_{jk}^i \theta^k$, par Ω_j^i les formes de courbure de cette connexion. Pour une variété presque kählerienne, on a

$$(2) \quad \nabla_k F_{\alpha\beta} = 0, \quad \nabla_{\gamma} F_{\alpha^*\beta^*} = 0, \quad \nabla_{\gamma} F_{\alpha\beta} = 2i \gamma_{\alpha\gamma}^{\beta*}.$$

⁽³⁾ G. VRANCEANU, *Lectii de geometrie diferentială*, 2, București, 1951, p. 17.

(*) Séance du 19 décembre 1955.

⁽¹⁾ Voir LICHNEROWICZ, *Archiv. der Mathematik*, 5, 1954, en particulier p. 207-211.

$\alpha, \beta, \dots = 1, 2, \dots, n; \quad i, j, \dots = 1, 2, \dots, 2n; \quad x^* = x + n.$

et par suite $\delta F = 0$. De plus d'après (1)

$$(3) \quad \gamma_{\alpha\gamma}^{\beta*} + \gamma_{\beta\alpha}^{\gamma*} + \gamma_{\gamma\beta}^{\alpha*} = 0.$$

Si $\hat{\Omega}^z$ et $\hat{\Omega}_{\beta}^z$ désignent les formes de torsion et courbure de la connexion presque kählerienne induite ⁽¹⁾ (connexion définie par les $\pi_{\alpha\beta}^z$, $\pi_{\beta\alpha}^{z*}$), elles s'expriment en termes des éléments de la connexion riemannienne par les formules,

$$(4) \quad \hat{\Omega}^z = \frac{1}{2} \gamma_{\beta\alpha}^{\gamma} \theta^{\beta*} \wedge \theta^{\gamma*},$$

$$(5) \quad \hat{\Omega}_{\beta}^z = d\pi_{\alpha\beta}^z + \pi_{\rho}^{\alpha} \wedge \pi_{\beta}^{\rho} = \Omega_{\beta}^z - \pi_{\rho}^{\alpha} \wedge \pi_{\beta}^{\rho*}.$$

Nous poserons,

$$\hat{\Omega}_{\beta}^z = \frac{1}{2} \hat{R}_{\beta,kl}^z \theta^k \wedge \theta^l$$

et introduirons la 2-forme extérieure réelle fermée,

$$\psi = - (2\pi)^{-1} i \hat{\Omega}_{\alpha}^z$$

qui définit la classe de Chern de degré 2 de V_{2n} .

2. A toute transformation infinitésimale sur V_{2n} , nous associerons la 1-forme ξ qui peut être identifiée au champ de vecteurs correspondant par la dualité définie par la métrique. Si la variété V_{2n} est complète pour la structure riemannienne, à toute isométrie infinitésimale correspond un groupe à 1-paramètre d'isométries de la variété. Dans l'hypothèse où V_{2n} est compacte, toute isométrie infinitésimale laisse invariante la forme harmonique F et par suite est un automorphisme infinitésimal de la structure presque kählerienne.

Supposons maintenant V_{2n} non compacte et à groupe d'holonomie $\hat{\mathcal{H}}_x$ irréductible (par la connexion induite). Si F n'est pas invariante par l'isométrie infinitésimale définie par ξ , la dérivée de Lie correspondante de F définie une 2-forme Φ de type $(2, 0)$ et par suite une n -forme Φ^n ($n = 2v$) de type $(n, 0)$ à dérivée covariante nulle dans la connexion induite. Il en résulte que $\hat{\mathcal{H}}_x$ est sous-groupe de la représentation réelle de $SU(n)$ ce qui entraîne la nullité de la forme Ψ .

THÉORÈME 1. — *Soit V_{2n} une variété presque kählerienne. Si V_{2n} est compacte, le plus grand groupe connexe d'isométries laisse invariante la structure presque kählerienne. Il en est de même si V_{2n} est non compacte, à groupe $\hat{\mathcal{H}}_x$ irréductible et à forme ψ non nulle.*

Pour un automorphisme infinitésimal ξ de V_{2n} , on a les relations

$$(6a) \quad \nabla_i \xi_j + \nabla_j \xi_i = 0,$$

$$(6b) \quad \xi^{\rho} \nabla_{\rho} F_{\alpha\beta} - 2i \nabla_{\alpha} \xi_{\beta} = 0.$$

3. Étudions les automorphismes infinitésimaux ξ de V_{2n} du point de vue des

propriétés du second ordre. Des relations (6), on déduit :

$$dJ\tilde{\zeta} = 0, \quad \partial J\tilde{\zeta} = -2i \nabla_{\alpha} \tilde{\zeta}^{\alpha}.$$

Par contraction des équations exprimant la connexion riemannienne, il vient :

$$\nabla_{\lambda} (\nabla_{\alpha} \tilde{\zeta}^{\alpha}) = R^{\alpha}_{\alpha, \lambda \rho} \tilde{\zeta}^{\rho}.$$

D'autre part d'après (6_b),

$$\nabla_{\lambda} (\nabla_{\alpha} \tilde{\zeta}^{\alpha}) = \partial_{\lambda} (\nabla_{\alpha} \tilde{\zeta}^{\alpha}) - \gamma^{\alpha}_{\rho \lambda} \gamma^{\rho}_{\alpha} \tilde{\zeta}^{\rho}$$

on en déduit par un calcul local :

$$(7) \quad \Delta J\tilde{\zeta} = d\partial J\tilde{\zeta} = K\tilde{\zeta}$$

où K désigne l'opérateur

$$K: \tilde{\zeta}_k \rightarrow -2i \hat{R}^{\alpha}_{\alpha, k\rho} \tilde{\zeta}^{\rho}.$$

Si V_{2n} est compacte, on déduit de (7) par intégration :

$$(8) \quad 4 \int_{V_{2n}} \hat{R}^{\alpha}_{\alpha, \lambda \mu} \tilde{\zeta}^{\lambda} \tilde{\zeta}^{\mu} d\tau = (J\tilde{\zeta}, \Delta J\tilde{\zeta}) = (\partial J\tilde{\zeta}, \partial J\tilde{\zeta}) \geq 0$$

Nous énoncerons :

THÉOREME 2. — *Sur une variété presque kählérienne compacte, l'intégrale*

$$I(\tilde{\zeta}) = \int_{V_{2n}} \hat{R}^{\alpha}_{\alpha, \lambda \mu} \tilde{\zeta}^{\lambda} \tilde{\zeta}^{\mu} d\tau$$

est positive ou nulle, pour toute isométrie infinitésimale ξ et $I(\xi) = 0$ implique que $J\xi$ est harmonique.

En particulier :

a. Si la forme quadratique de coefficients $\hat{R}^{\alpha}_{\alpha, \lambda \mu}$ est partout définie négative, le plus grand groupe connexe d'isométries de V_{2n} est réduit à l'identité, ce qui généralise un résultat classique de Bochner.

b. Si V_{2n} est telle que $\hat{R}^{\alpha}_{\alpha, \lambda \mu} = 0$, en particulier si $\psi = 0$, à toute isométrie infinitésimale ξ correspond par J une 1-forme harmonique $J\xi$.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur une inégalité relative aux espaces kählériens harmoniques.* Note de M. **RAYMOND COUTY**, présentée par M. Joseph Pérès.

Les dérivées $f'(0)$ et $f''(0)$ de la fonction $f(\Omega)$ associée à un espace kählérien harmonique vérifient une inégalité simple, l'égalité n'ayant lieu que pour un espace à courbure holomorphe constante.

1. Un espace riemannien V_p est dit harmonique si, s désignant la distance géodésique d'un point variable M à un point fixe M_0 , le laplacien $\Delta_2 s$ ne dépend que de s , et ceci pour tout point M_0 .

Si l'on pose $\Omega = (1/2)s^2$, il existe une fonction $f(\Omega)$ indépendante de M_0 , telle que

$$\Delta_2 \Omega = f(\Omega).$$

On en déduit ⁽¹⁾ les relations

$$(1) \quad g_{ij,l} = f'(0) g_{lj},$$

$$(2) \quad g_{ij,rs} g_{kl,rs} + g_{ik,rs} g_{lj,rs} + g_{il,rs} g_{jk,rs} = -\frac{5}{2} f''(0) (g_{ij} g_{kl} + g_{ik} g_{lj} + g_{il} g_{jk}),$$

où $g_{ij,kl}$ est la seconde extension du tenseur métrique

$$3g_{ij,kl} = R_{ikjl} + R_{iljk}.$$

De (1) et (2) on peut déduire l'inégalité ⁽²⁾

$$(3) \quad -\frac{5}{2} f''(0) - \frac{f'(0)^2}{p-1} \geq 0,$$

l'égalité n'ayant lieu que pour les espaces à courbure constante.

2. Considérons maintenant un espace kählérien V_{2n} à $p = 2n$ dimensions ($i, j, \dots$ et tout indice latin $= 1, \dots, 2n$; $\alpha, \beta, \dots$ et tout indice grec $= 1, \dots, n$; $i^* = i \pm n$). Nous désignerons par $(z^\alpha, \bar{z}^{\alpha*} = \overline{z^\alpha})$ un système de coordonnées locales complexes.

Si V_{2n} est à courbure holomorphique constante, ⁽³⁾ c'est-à-dire si

$$R_{\alpha\beta^*\gamma\delta^*} = \frac{K}{2} (g_{\alpha^*\beta} g_{\gamma\delta^*} + g_{\alpha\delta^*} g_{\gamma\beta^*}),$$

il est harmonique et si $f(\Omega)$ est la fonction associée dans 1, on a

$$K = -3 \frac{f'(0)}{n+1}.$$

Ceci conduit à introduire, sur V_{2n} supposé harmonique, le tenseur Λ_{ijkl} dont les composantes non nulles sont (à une conjugaison près)

$$\Lambda_{\alpha\beta^*\gamma\delta^*} = g_{\alpha\beta^*,\gamma^*\delta^*} + h(g_{\alpha\gamma^*} g_{\beta\delta^*} + g_{\alpha\delta^*} g_{\beta\gamma^*}),$$

$$\Lambda_{\alpha\beta^*\gamma\delta^*} = g_{\alpha\beta^*,\gamma\delta^*} - \frac{h}{2} (g_{\alpha\delta^*} g_{\gamma\beta^*} + g_{\alpha\beta^*} g_{\gamma\delta^*}),$$

$$\Lambda_{\alpha\beta^*\gamma^*\delta} = g_{\alpha\beta^*,\gamma^*\delta} - \frac{h}{2} (g_{\alpha\gamma^*} g_{\beta\delta^*} + g_{\alpha\delta^*} g_{\beta\gamma^*});$$

où l'on a posé

$$h = \frac{f'(0)}{n+1}.$$

⁽¹⁾ LICHNEROWICZ, *Bull. Soc. Math. France*, 1944, p. 1-23 et *Colloque Équations aux dérivées partielles*, Louvain, 1953, p. 9-23.

⁽²⁾ LICHNEROWICZ, *Loc. cit.* et WILLMORE, *Convegno internazionale di geometria differenziale*, Italia, 1953, p. 141-147.

⁽³⁾ YANO et BOCHNER, *Curvature and Betti numbers*. (*Ann. of Math. Studies*, n° 32, Princeton, 1953.)

Ce tenseur vérifie les relations

$$A_{ijkl} = A_{jkl i} = A_{ijkl} = A_{klij}, \quad A_{ijkl} + A_{klji} + A_{iljk} = 0.$$

De plus, on peut permuter deux indices étoilés et deux indices non étoilés; $A_{ijkl} = 0$ exprime que V_{2n} est à courbure holomorphique constante.

3. En utilisant les relations (1) et (2) et les relations de symétrie on obtient immédiatement

$$A_{ij\lambda}{}^h = A_{ij\lambda}{}^{h*} = 0,$$

ainsi que la relation importante

$$A_{\alpha\beta}{}^{rs} A_{\gamma}{}^{\delta*rs} + A_{\alpha\gamma}{}^{r's} A_{\delta}{}^{\delta*rs} + A_{\alpha\delta}{}^{r's} A_{\beta}{}^{\gamma*rs} - 6h A_{\alpha\beta}{}^{\gamma*}{}_{\delta} = k(g_{\alpha\gamma}{}^{\beta*} g_{\beta\delta}{}^{\alpha*} + g_{\alpha\delta}{}^{\beta*} g_{\beta\gamma}{}^{\alpha*}),$$

où l'on a posé

$$k = -\frac{5}{2}f''(0) - \frac{n+7}{2(n+1)^2}f'(0)^2,$$

on en déduit

$$A_{\alpha}{}^{irs} A_{\gamma}{}^{\delta*irs} = (n+1)k g_{\alpha\gamma}{}^{\delta*}.$$

et

$$A^{\alpha irs} A_{\alpha irs} = A^{\alpha* irs} A_{\alpha}{}^{\delta* irs} = n(n+1)k.$$

Ainsi k est positif ou nul et nous pouvons énoncer :

THÉOREME. — *Si un espace kählérien V_{2n} , harmonique correspond à une fonction $f(\Omega)$, celle-ci satisfait à l'inégalité*

$$-\frac{5}{2}f''(0) - \frac{n+7}{2(n+1)^2}f'(0)^2 \geq 0,$$

l'égalité n'étant atteinte que pour un espace à courbure holomorphique constante.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Pression totale dans un écoulement moléculaire libre.*

Note de M. F. MARCEL DEVIENNE, présentée par M. Gustave Ribaud.

Les différents expérimentateurs qui ont étudié les écoulements moléculaires libres se sont uniquement préoccupés de mesurer le débit d'une canalisation en fonction de la différence de pression à ses deux extrémités.

Dans des recherches entreprises en vue de mesurer les gradients de pression le long de la canalisation nous avons mesuré simultanément la pression statique et la pression totale du gaz en un même point.

Sans entrer dans les détails, indiquons simplement que l'appareil est constitué par deux grosses cloches à vide reliées par un tube cylindrique ayant un diamètre intérieur de 4 cm et une longueur de 80 cm (¹).

(¹) Note technique n° 55 du Ministère de l'Air, S. D. I. T. (1955).

Nous disposons de huit orifices sur la paroi de la canalisation. Quatre se trouvent à l'extrémité aval, les autres sont situées à 10, 30, 50 et 70 cm de cette extrémité. On peut, en leur fixant des ajutages, prendre la pression statique ou totale en n'importe quel point de la canalisation.

Ces différentes prises de pression sont reliées, par l'intermédiaire d'un robinet métallique à huit voies, à une jauge de Mac Leod qui permet de mesurer successivement les pressions correspondant aux différentes prises.

Nous avons vérifié préalablement que si l'orifice de prise de pression (totale ou statique) a un diamètre compris entre 3 et 6 mm, les mesures sont identiques en un même point de la canalisation. Nous avons d'autre part vérifié que l'influence de la distance de la prise de pression totale à l'axe de la canalisation est négligeable.

La vitesse moyenne en un point de la canalisation est déterminée par la même méthode que nous avons utilisée dans des recherches précédentes ⁽¹⁾, méthode qui nécessite la mesure de la pression statique. La précision de la mesure de la vitesse est pratiquement égale à celle de la pression statique, soit 1 à 2 %.

Le rapport de la pression totale à la pression statique en un même point de la canalisation est égal au rapport du nombre des molécules heurtant l'unité de surface perpendiculaire ou parallèle à la direction de l'écoulement. Ce rapport est théoriquement égal à

$$e^{-\left(\frac{U}{v_s}\right)^2} + \sqrt{\pi} \frac{U}{v_s} \left[1 + \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{U}{v_s}} e^{-x^2} dx \right],$$

expression dans laquelle U est la vitesse moyenne d'écoulement, v_s la vitesse la plus probable des molécules à la température considérée.

Cette expression est obtenue en supposant que la répartition des vitesses moléculaires est une répartition maxwellienne.

Les mesures expérimentales du rapport de la pression totale à la pression statique donnent des valeurs toujours supérieures aux valeurs théoriques. Donnons deux exemples : 1° à une distance de 5 mm en amont de l'extrémité aval, pour une pression statique de 0,49 μ de mercure et une vitesse de 98,8 m/s, on a une pression totale de 0,785 μ , soit un rapport de la pression totale à la pression statique de 1,60. Le rapport théorique correspondant n'est que de 1,49; 2° à une distance de 50 mm de la même extrémité, pour une pression statique de 0,66 μ et une vitesse de 22,4 m/s, on a une pression totale de 0,78 μ , soit un rapport expérimental de 1,18; le rapport théorique est égal à 1,10.

Les valeurs expérimentales sont toujours supérieures aux valeurs théoriques de 5 à 20 %. Ce résultat montre que la répartition des vitesses moléculaires dans les écoulements n'est certainement pas maxwellienne et qu'il existe un excédent de molécules rapides par rapport à la distribution de Maxwell.

ASTRONOMIE. — *Étude statistique des mouvements stellaires. III. Méthode générale.*Note (*) de M. **JEAN-LOUIS RIGAL**, présentée par M. André Danjon.

Une méthode basée sur les théories du maximum de vraisemblance permet de déduire la distribution des vitesses, supposées gaussiennes et des magnitudes absolues d'un groupe d'étoiles intrinsèquement homogène, à partir de l'étude distincte des mouvements propres et des vitesses radiales sans avoir besoin de connaître de parallaxe trigonométrique.

Supposant les vitesses spatiales distribuées selon une loi de Gauss telle que

$$u^2 = E(u^2) = U^2 + E(u^2) = U^2 + (u^2), \dots$$

[voir notations dans la Note (1)], les vitesses radiales d'une étoile de coordonnées galactiques (l, b) sont distribuées en

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi(Q_1 + \sigma_1^2)}} \exp \left\{ -\frac{(\rho - P)^2}{2(Q_1 + \sigma_1^2)} \right\}, \quad \text{avec } P = U \cos l \cos b + V \sin l \cos b + W \sin b$$

(σ_1 est l'erreur-type de mesure de ρ),

$$Q_1 = (u^2) \cos^2 l \cos^2 b + 2(uv) \sin l \cos l \cos^2 b + 2(uw) \cos l \cos b \sin b$$

$$+ (v^2) \sin^2 l \cos^2 b + 2(vw) \sin l \cos b \sin b + (w^2) \sin^2 b.$$

La loi de probabilité de p est, pour la même étoile

$$\frac{k}{\sqrt{2\pi(Q_2 + k^2\sigma_2^2)}} \exp \left\{ -\frac{(kp - kP)^2}{2(Q_2 + k^2\sigma_2^2)} \right\}, \quad \text{avec } kP = -U \sin l + V \cos l$$

(σ_2 erreur sur $p = 4,72 r_0 \mu l \cos b$),

$$Q_2 = (u^2) \sin^2 l - 2(uv) \sin l \cos l + (v^2) \cos^2 l,$$

et de même pour q .

Considérant par exemple, p et q comme indépendants, ce qui est le cas lorsque l'on étudie les mouvements propres du G. C. ou de tout catalogue fondamental (supposer μ_α et μ_δ comme donnés simultanément donne lieu à des calculs analogues mais avec $Q_2 = Q_3$) la probabilité d'obtenir les valeurs observées p, q et ρ est alors donnée pour N étoiles par la formule

$$\log \text{Pr} = -\frac{1}{2} \sum_N \frac{(\rho - P)^2}{Q_1 + \sigma_1^2} - \frac{1}{2} \sum_N \frac{(kp - kP)^2}{Q_2 + k^2\sigma_2^2} - \frac{1}{2} \sum_N \frac{(kq - kQ)^2}{Q_3 + k^2\sigma_3^2}$$

$$+ 2N \log k - \frac{1}{2} \sum_N \log (Q_1 + \sigma_1^2) (Q_2 + k^2\sigma_2^2) (Q_3 + k^2\sigma_3^2) - 3N \log 2\pi.$$

Nous nous proposons de chercher les valeurs de $U, V, W, (u^2)$ et k rendant

(*) Séance du 14 décembre 1955.

(1) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1714.

maximum P_r . La dérivation par rapport à U, V, W, k et au facteur d'homogénéité de Q donne après simplification

$$(1) \quad U = U_1 + kU_2,$$

$$(2) \quad V = V_1 + kV_2,$$

$$(3) \quad W = W_1 + kW_2,$$

$$(4) \quad k^2 \left[\sum_N \left(\frac{p^2}{Q_2} + \frac{q^2}{Q_1} \right) - U_2 \sum_N \left(\frac{p_1}{Q_2} + \frac{q_1}{Q_1} \right) \right. \\ \left. - V_2 \sum_N \left(\frac{p_2}{Q_2} + \frac{q_2}{Q_3} \right) - W_2 \sum_N \left(\frac{p_3}{Q_2} + \frac{q_3}{Q_3} \right) \right] \\ + k \left[2U_2 \sum_N \frac{\rho_1}{Q_1} + 2V_2 \sum_N \frac{\rho_2}{Q_1} + 2W_2 \sum_N \frac{\rho_3}{Q_1} \right. \\ \left. - U_1 \sum_N \left(\frac{p_1}{Q_2} + \frac{q_1}{Q_3} \right) - V_1 \sum_N \left(\frac{p_2}{Q_2} + \frac{q_2}{Q_3} \right) - W_1 \sum_N \left(\frac{p_3}{Q_2} + \frac{q_3}{Q_3} \right) \right] \\ - 2 \left[\sum_N \frac{\rho_2}{Q_1} - U_1 \sum_N \frac{\rho_1}{Q_1} - V_1 \sum_N \frac{\rho_2}{Q_2} - W_1 \sum_N \frac{\rho_3}{Q_1} \right] = 0,$$

$$(5) \quad N = \sum_N \frac{\rho^2}{Q_1} - U \sum_N \frac{\rho_1}{Q_1} - V \sum_N \frac{\rho_2}{Q_1} - W \sum_N \frac{\rho_3}{Q_1}$$

U_i étant racines des systèmes d'équations (pour simplifier l'écriture, nous avons posé $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3 = 0$)

$$U_i \sum_N \left(\sum_t \frac{g_{i1}^2}{Q_1} \right) + V_i \sum_N \left(\sum_t \frac{g_{i2} g_{i3}}{Q_1} \right) + W_i \sum_N \left(\sum_t \frac{g_{i3}^2}{Q_1} \right) = H_i, \\ H_1 = \sum_N \frac{\rho_1}{Q_1}, \quad H_2 = \sum_N \left(\frac{p_1}{Q_2} + \frac{q_1}{Q_3} \right)$$

et les deux équations analogues.

Pratiquement nous partons d'un premier ellipsoïde E_1 , de symétrie autour de $l = l_0$, $b = 0$ et d'axes $S_1, S_2 = S_3$ par exemple, d'où $Q_1(l, b)$, Q_2, Q_3 et $U, V, W, K(l_0, S_1, S_2)$ la dépendance devant être faible car l_0 n'intervient que dans la pondération des données. On en déduit facilement $P_r(l_0, S_1, S_2)$ pour plusieurs valeurs de l_0 et du rapport $S_1 : S_2$ donc l'ellipsoïde obtenu pour le maximum de P_r . En fait, généralement une itération suffira, surtout en ce qui concerne le calcul de k , si E_2 est peu différent de E_1 .

L'équation exacte en l_0 est

$$\sum_N \cos^2 b \sin^2(l - l_0) \left[\frac{(p - P)^2}{Q_1^2} - \frac{1}{Q_1} \right] \\ + \sum_N \sin^2(l - l_0) \left[\frac{(kp - kP)^2}{Q_2^2} - \frac{1}{Q_2} \right] + \dots \\ + \sum_N \sin^2 b \sin^2(l - l_0) \left[\frac{(kp - kQ)^2}{Q_3^2} - \frac{1}{Q_3} \right] = 0.$$

Bien qu'entraînant de longs calculs qui vont être entrepris en commençant par les naines pour lesquelles les erreurs d'observations sont négligeables, la méthode proposée est plus correcte que celle des moindres carrés en ce qu'elle attache à chaque information un poids $Q_i(l, b)$ tenant compte du caractère non maxwellien de la distribution des vitesses. De plus nous ne mélangeons jamais des informations aussi hétérogènes que des mouvements propres, des vitesses radiales et des parallaxes. Nos seules hypothèses sont que :

- 1° les vitesses ont une distribution gaussienne;
- 2° les distances sont connues à un facteur multiplicatif près;
- 3° la population est homogène (ce que l'on peut vérifier par des méthodes statistiques comme celle indiquée dans la Note II).

Dans le cas d'une distribution maxwellienne les formules (1) à (5) deviennent

$$(1') \quad U = \bar{\rho}_1 + k\bar{t}_1,$$

$$(2') \quad V = \bar{\rho}_2 + k\bar{t}_2,$$

$$(3') \quad W = \bar{\rho}_3 + k\bar{t}_3,$$

$$(4') \quad k^2[\text{dispersion des } t]^2 + k[\bar{\rho}_1\bar{t}_1 + \bar{\rho}_2\bar{t}_2 + \bar{\rho}_3\bar{t}_3] - 2[\text{dispersion des } \rho]^2 = 0,$$

$$(5') \quad \bar{S}^2 = k^2(\text{dispersion des } t)^2 - (\text{dispersion des } \rho)^2.$$

La formule (41) généralise directement celle relative à l'estimation de parallaxes séculaires par la méthode des vitesses tangentielles résiduelles.

Un dernier contrôle est possible; connaissant k , nous pouvons calculer, pour diverses valeurs de ΔM , les moments de la distribution des vitesses par la méthode déjà donnée et conduisant au système d'équations

$$\begin{array}{llll} (1-A)\mathbf{u}^2 & & -E\mathbf{wu} & -F\mathbf{uv} = K\bar{t}_1^2 - \bar{\rho}_1^2 \\ (1-B)\mathbf{v}^2 & & -D\mathbf{vw} & = K\bar{t}_2^2 - \bar{\rho}_2^2 \\ (1-C)\mathbf{w}^2 & & -D\mathbf{vw} & -E\mathbf{wu} & -F\mathbf{uv} = K\bar{t}_3^2 - \bar{\rho}_3^2 \\ & & -D\mathbf{v}^2 & -D\mathbf{w}^2 & -A\mathbf{vw} & -F\mathbf{wu} & -E\mathbf{uv} = 2(K\bar{t}_3\bar{t}_2 - \bar{\rho}_3\bar{\rho}_2) \\ & & -E\mathbf{u}^2 & & -E\mathbf{w}^2 & -F\mathbf{vw} & +B\mathbf{wu} & -D\mathbf{uv} = 2(K\bar{t}_1\bar{t}_3 - \bar{\rho}_1\bar{\rho}_3) \\ \mathbf{u}^2 - F & & -F\mathbf{v}^2 & & -E\mathbf{vw} & -D\mathbf{wu} & +C\mathbf{uv} = 2(K\bar{t}_2\bar{t}_1 - \bar{\rho}_2\bar{\rho}_1) \end{array}$$

ou

$$\begin{array}{llll} K^{-1} = h^2(1 + \sigma^2), & A = 2 \overline{\cos^2 l \cos^2 b}, & B = 2 \overline{\sin^2 l \cos^2 b}, & C = 2 \overline{\sin^2 b}, \\ D = 2 \overline{\sin l \cos b \sin b}, & E = 2 \overline{\cos l \cos b \sin b}, & F = 2 \overline{\sin l \cos l \cos^2 b}. \end{array}$$

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les fluctuations d'un champ quantique et la « structure » du photon.* Note (*) de M^{me} CECILIA MOSSIN KOTIN, présentée par M. Louis de Broglie.

V. Weisskopf (1) en employant la théorie des « lacunes » a obtenu pour les

(*) Séance du 7 novembre 1955.

(1) *Phys. Rev.*, 56, 1939, p. 72.

fluctuations de la densité de charge d'un électron de Dirac, se rapportent à deux points de l'espace $\vec{r}$ et $\vec{r}'$, l'expression suivante :

$$(1) \quad \langle \Delta \rho(\vec{r}) \rho(\vec{r}') \rangle_1 = \frac{e^2 mc}{\hbar} \frac{1}{|\vec{r} - \vec{r}'|} \frac{\partial}{\partial (|\vec{r} - \vec{r}'|)} \frac{i}{2\pi} H_0^{(1)} \left\{ \frac{imc}{\hbar} |\vec{r} - \vec{r}'| \right\} \\ + \text{termes correspondant au vide.}$$

Dans le présent travail nous avons calculé, en considérant la densité d'énergie d'un champ de rayonnement, les fluctuations intrinsèques qui, selon la théorie quantique y sont inhérentes.

Pour obtenir $\langle \Delta \eta(\vec{r}) \eta(\vec{r}') \rangle$ nous avons dérivé l'opérateur $\eta(\vec{r}) \eta(\vec{r}')$ correspondant au champ quantique de rayonnement

$$\vec{A}_{\text{op}} = \sum_k \{ b_k \vec{A}_k + b_k^* \vec{A}_k^* \}; \quad \vec{A}_k = \sqrt{\frac{4\pi c^2}{L^3}} \vec{a}_k e^{i\vec{k} \cdot \vec{r}}$$

et nous l'avons fait opérer sur une fonction d'onde de forme

$$\Gamma = \prod_k H_{n_k}(q_k) e^{-l \left(n_k + \frac{1}{2} \right) \omega_k t}.$$

Nous avons discuté les deux cas suivants : 1° champ vide; 2° un seul photon dans le champ.

1° Les fluctuations de la densité de l'énergie quand il s'agit d'un champ vide, prennent la forme

$$\langle \eta(\vec{r}) \eta(\vec{r}') \rangle_0 = \langle \eta(\vec{r}) \rangle_0 \langle \eta(\vec{r}') \rangle_0 \\ = \frac{1}{L^3} \sum_{k,l} \frac{\hbar^2}{8 \omega_k \omega_l} \{ \vec{a}_k \cdot \vec{a}_l \omega_k \omega_l + c^2 (\vec{a}_k \wedge \vec{k}_k) (\vec{a}_l \wedge \vec{k}_l) \}^2 e^{i(\vec{k}_k + \vec{k}_l) \cdot (\vec{r} - \vec{r}')}.$$

2° Dans le cas où il y a un photon présent, on trouve

$$\langle \eta(\vec{r}) \eta(\vec{r}') \rangle_1 \\ = \frac{1}{L^3} \left\{ \sum_{k,m} \frac{1}{4} \frac{\hbar^2 \omega_k \omega_m}{\omega_k \omega_m} + \sum_{k,m} \frac{1}{8} \frac{\hbar^2}{\omega_k \omega_m} \{ \vec{a}_k \cdot \vec{a}_m \omega_k \omega_m + c^2 (\vec{a}_k \wedge \vec{k}_k) (\vec{a}_m \wedge \vec{k}_m) \}^2 e^{i(\vec{k}_k + \vec{k}_m) \cdot (\vec{r} - \vec{r}')} \right. \\ \left. + \hbar \omega_s \sum_m \hbar \omega_m + \hbar^2 \omega_s^2 \right. \\ \left. + \sum_k \frac{1}{4} \frac{\hbar^2}{\omega_k \omega_s} \{ \vec{a}_k \cdot \vec{a}_s \omega_k \omega_s + c^2 (\vec{a}_k \wedge \vec{k}_k) (\vec{a}_s \wedge \vec{k}_s) \}^2 e^{i(\vec{k}_k + \vec{k}_s) \cdot (\vec{r} - \vec{r}')} \right. \\ \left. + \sum_{k \neq s} \frac{1}{4} \frac{\hbar^2}{\omega_k \omega_s} \{ \vec{a}_k \cdot \vec{a}_s \omega_k \omega_s + c^2 (\vec{a}_k \wedge \vec{k}_k) (\vec{a}_s \wedge \vec{k}_s) \}^2 e^{i(\vec{k}_k - \vec{k}_s) \cdot (\vec{r} - \vec{r}')} \right\},$$

les deux premiers termes représentent le vide, les deux derniers, les fluctuations du photon dues à l'interférence avec le vide.

La somme sur les polarisations du photon peut être effectuée immédiatement

et l'on trouve que cette somme dépend seulement de la direction de propagation du photon et non de sa polarisation $\vec{a}_s$.

Après avoir évalué les intégrales de Fourier, on obtient explicitement

$$(2) \left\{ \begin{aligned} \langle \Delta \eta(\vec{r}) \eta(\vec{r}') \rangle_0 &= \hbar^2 c^2 \left\{ \frac{6}{\pi^4 (\vec{r} - \vec{r}')^8} - \left\{ \partial' (|\vec{r} - \vec{r}'|) \right\}^2 \right\}, \\ \langle \Delta \eta(\vec{r}) \eta(\vec{r}') \rangle_1 &= \hbar^2 c^2 \left\{ \frac{6}{\pi^4 (\vec{r} - \vec{r}')^8} - \left\{ \partial' (|\vec{r} - \vec{r}'|) \right\}^2 - \frac{\cos \vec{k}_s (\vec{r} - \vec{r}')}{L^3} \right. \\ &\quad \left. \times \left\{ \frac{k_s}{2 \pi^2 (\vec{r} - \vec{r}')^4} + i \vec{k}_s \cdot \text{grad} \partial (|\vec{r} - \vec{r}'|) \right\} \right\} - \frac{\hbar^2 \omega_s^2}{L^5}. \end{aligned} \right.$$

Ces dernières expressions montrent l'existence d'interférences entre les oscillations de l'état zéro du vide, en accord avec la statistique de Bose. En plus, (2) montre les interférences du photon considéré avec le vide.

(1) et (2) correspondent, *mutatis mutandis*, à des cas semblables, l'un appliqué à un champ contenant un électron, l'autre à un champ de rayonnement constitué par un seul photon.

L'existence de corrélations entre les fluctuations de la densité de charge en deux points différents de l'espace indique que l'électron de Dirac a une « structure ». De la même façon on peut conclure que, puisque les corrélations (du premier ordre) entre les fluctuations de la densité de l'énergie correspondant à deux points différents d'un champ de rayonnement avec un seul photon sont différentes de zéro, le photon ne peut pas être considéré comme un point⁽²⁾. La structure de l'électrodynamique de Maxwell, une fois quantifiée, donne ainsi, une première indication sur ce que nous pouvons appeler une « structure du photon ». En (2), l'ensemble de termes qui suivent les deux premiers est l'expression de cette structure.

On peut remarquer que, dans les deux cas, les fluctuations d'une grandeur du champ dans un même point sont infinies. Ce résultat est susceptible de se trouver modifié dans une théorie plus complète. En effet, nous n'avons aucune raison pour croire que les relations linéaires de Maxwell et de Dirac restent valables pour des champs et des densités extrêmes. En effet, la polarisation du vide due à un champ fort et l'énergie du champ électromagnétique lorsque les densités de charge sont grandes tendent à diminuer la grandeur de cette fluctuation.

On peut tirer plus de détails sur les fluctuations du champ en étudiant les moments d'ordre supérieur

$$\langle \Delta \rho(\vec{r}_1) \rho(\vec{r}_2) \dots \rho(\vec{r}_n) \rangle; \quad \langle \Delta \eta(\vec{r}_1) \eta(\vec{r}_2) \dots \eta(\vec{r}_n) \rangle.$$

(2) E. WIGNER, *Rev. Mod. Phys.*, 21, 1949, p. 400.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les « identités de Bianchi » de la théorie unitaire d'Einstein-Schrödinger.* Note de M^{me} JUDITH WINOGRADZKI, présentée par M. Louis de Broglie.

On étudie les identités auxquelles satisfont les équations de tout système fort dont l'hamiltonien a même U-variance que l'hamiltonien du champ généralisé. On montre la liaison avec le théorème de Noether.

Les équations du champ généralisé sont les équations du « système fort »

$$(1) \quad g_{\check{\nu},k}^{ik} = 0, \quad V_i^{km} = 0, \quad W_{ik} = 0, \quad W_{ik,m} + W_{km,i} + W_{mi,k} = 0$$

dont l'hamiltonien est la densité de courbure de l'Univers

$$(2) \quad \mathfrak{K} = g^{ik} (\Gamma_{ik,m}^m - \Gamma_{im,k}^m + \Gamma_{pm}^m \Gamma_{ik}^p - \Gamma_{ik}^m \Gamma_{mk}^p) \quad (1), (2).$$

Ces équations sont invariantes par rapport au groupe U qui se compose des transformations de coordonnées et des λ -transformations

$$(3) \quad \lambda(x^i) = x^i, \quad \lambda(g_{ik}) = g_{ik}, \quad \lambda(\Gamma_{km}^i) = \Gamma_{km}^i + \delta_k^i \lambda_m,$$

λ_k étant un champ vectoriel arbitraire ⁽¹⁾, ⁽²⁾, ⁽³⁾. Dans cette Note, nous étudions les identités auxquelles satisfont les équations de tout système fort dont l'hamiltonien a même U-variance que l'hamiltonien du champ généralisé. Bien qu'une partie de ces identités aient déjà été étudiées ⁽¹⁾ et que, de plus, c'est l'établissement séparé des autres qui soit le plus rapide, nous procédons globalement, afin de mettre en évidence la liaison avec le théorème de E. Noether ⁽¹⁾.

Désignons par $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{A}'$, ... les grandeurs qui ont même U-variance que l'hamiltonien du champ généralisé. D'après les définitions (2) et (3), ce sont des densités scalaires telles que

$$(4) \quad \lambda(\mathfrak{A}) = \mathfrak{A} - 2 g_{\check{\nu}}^{ik} \lambda_{i,k},$$

On montre aisément qu'il existe une infinité de telles grandeurs.

Il résulte de la définition des grandeurs $\mathfrak{A}$ que les intégrales

$$I = \int_0 (\mathfrak{A} - \mathfrak{A}') d\tau$$

⁽¹⁾ A. EINSTEIN, *Generalization of Gravitation Theory. Appendix II of the Meaning of Relativity*, Princeton, 1953. Nous utilisons les notations de ce Mémoire; en particulier, $A_{,i}$ signifie $\partial A / \partial x^i$, V_i^{km} et W_{ik} sont les dérivées hamiltoniennes de l'hamiltonien par rapport à Γ_{km}^i et g^{ik} . Les autres dérivées hamiltoniennes seront désignées par $\delta \dots / \delta \dots$.

⁽²⁾ A. EINSTEIN, *Extension du groupe relativiste*. Dans Louis de Broglie, *Physicien et Penseur*, Paris, 1953.

⁽³⁾ J. WINOGRADZKI, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1359. *J. Phys. Rad.*, 16, 1955, p. 438.

⁽⁴⁾ *Göttinger Nachrichten*, 1918, p. 235.

sont, quel que soit l'hypervolume D , invariante par rapport au groupe U . D'après le théorème de Noether ⁽⁴⁾, les dérivées hamiltoniennes de $\mathfrak{A} - \mathfrak{A}'$ par rapport au tenseur métrique et à la connexion affine satisfont donc à quatre équations algébriques

$$(5) \quad N_{(0)}^i(\mathfrak{A} - \mathfrak{A}') = 0,$$

résultant de l'invariance de I par rapport au sous-groupe des λ -transformations et à quatre équations du premier ordre

$$(6) \quad N_{(1)}^i(\mathfrak{A} - \mathfrak{A}') = 0,$$

résultant de l'invariance de I par rapport au sous-groupe des transformations de coordonnées. Les identités de Noether sont linéaires et homogènes par rapport aux dérivées hamiltoniennes de la fonction que l'on intègre. Les équations (5) et (6) peuvent donc s'écrire

$$(5') \quad N_{(0)}^i(\mathfrak{A}) = N_{(0)}^i(\mathfrak{A}'),$$

$$(6') \quad N_{(1)}^i(\mathfrak{A}) = N_{(1)}^i(\mathfrak{A}').$$

Les identités (6') sont triviales. L'intégrale $\int_D \mathfrak{A} d\tau$ est en effet invariante par rapport au sous-groupe des transformations de coordonnées. Donc

$$(6'') \quad N_{(1)}^i(\mathfrak{A}) = 0.$$

Les identités (6'') ont été étudiées ⁽¹⁾. Explicitons les identités (5'). La variation d'une intégrale

$$J = \int_D \mathfrak{B}(g_{ik}, g_{ik,m}, \dots; \Gamma_{km}, \Gamma_{km,p}^i, \dots) d\tau$$

pour une λ -transformation infinitésimale dont le vecteur λ_k ainsi que ses dérivées jusqu'à un ordre suffisant s'annulent à la limite de D est

$$(7) \quad \Delta J = \int_D \partial_k^i \frac{\partial \mathfrak{B}}{\partial \Gamma_{km}^i} \lambda_m d\tau.$$

D'où, si l'intégrale J est invariante par rapport aux λ -transformations quel que soit D ,

$$(8) \quad \partial_k^i \frac{\partial \mathfrak{B}}{\partial \Gamma_{km}^i} = N_{(0)}^m(\mathfrak{B}) = 0.$$

Explicitement, les identités (5') s'écrivent donc

$$(5'') \quad \partial_k^i \frac{\partial \mathfrak{A}}{\partial \Gamma_{km}^i} = \partial_k^i \frac{\partial \mathfrak{A}'}{\partial \Gamma_{km}^i}.$$

Pour calculer effectivement ces expressions, utilisons une grandeur $\mathfrak{A}$ de

structure particulièrement simple, afin d'alléger les calculs. Si l'on choisit

$$\mathfrak{A} = \frac{4}{3} g^{\vee ik} \Gamma_{i,k},$$

le résultat est immédiat. On obtient $2 g^{\vee mr}{}_{,r}$. Donc, toute grandeur $\mathfrak{A}$ satisfait à

$$(5''') \quad \partial_k^i \frac{\partial \mathfrak{A}}{\partial \Gamma_{km}^{\vee}} - 2 g^{\vee mr}{}_{,r} = 0.$$

Ces 4 identités, déduites de la λ -variance de $\mathfrak{A}$, lient les équations auxquelles satisfont les équations du système fort dont $\mathfrak{A}$ est l'hamiltonien. Elles complètent les « identités de Bianchi » déduites de la variance relativiste de l'hamiltonien ⁽¹⁾.

Les identités (5''') lient non pas l'ensemble des équations du champ, mais seulement les 4 équations $g^{\vee ik}{}_{,k} = 0$ posées à priori et les 16 équations

$$\frac{\partial \mathfrak{A}}{\partial \Gamma_{(k)m}^{\vee}} - V_{(k)}^{(k)m} = 0$$

obtenues en faisant varier les 16 variables non λ -invariantes $\Gamma_{(k)m}^{(k)}$; les parenthèses indiquent l'absence de sommation. La forme des identités (5''') est indépendante de l'hamiltonien du système fort considéré, contrairement à celle des « identités de Bianchi » déduites de la variance relativiste de l'hamiltonien. Dans ces dernières identités, le coefficient de $g^{km}{}_{,m}$ est en effet $W_{\vee}^{ik}$ ⁽¹⁾.

D'après (5''')

$$\partial_k^i \left(\frac{\partial \mathfrak{A}}{\partial \Gamma_{km}^{\vee}} \right)_{,m} = 0.$$

Cette identité lient les 16 équations du champ obtenues en faisant varier les variables non λ -invariantes. On peut la déduire de l'invariance de l'intégrale $\int_{\mathfrak{b}} \mathfrak{A} d\tau$ par rapport au sous-groupe des λ -transformations dont le vecteur λ_k est un gradient.

ÉLECTRICITÉ. — *Cellule à électrodes fixes pour la mesure de la constante diélectrique d'un liquide.* Note (*) de M. CLAUDE ABGRALL, présentée par M. Eugène Darmais.

On décrit un modèle de cellule pour mesures rapides et très reproductibles dont les caractéristiques principales sont le mode de fixation relatif des électrodes et le système de déconnexion.

Beaucoup de mesures de constantes diélectriques de liquides en vue d'applications physicochimiques (étude de solutions diluées dans un intervalle de

(*) Séance du 19 décembre 1955.

concentration et de température limités) sont des mesures différentielles où la reproductibilité mécanique et thermique joue un rôle essentiel.

Cette exigence peut être satisfaite d'une manière simple et efficace par une cellule à électrodes cylindriques fixes telle que celle représentée en coupe (*fig. 1*). Les deux électrodes (laiton doré ou acier inoxydable) sont immergées

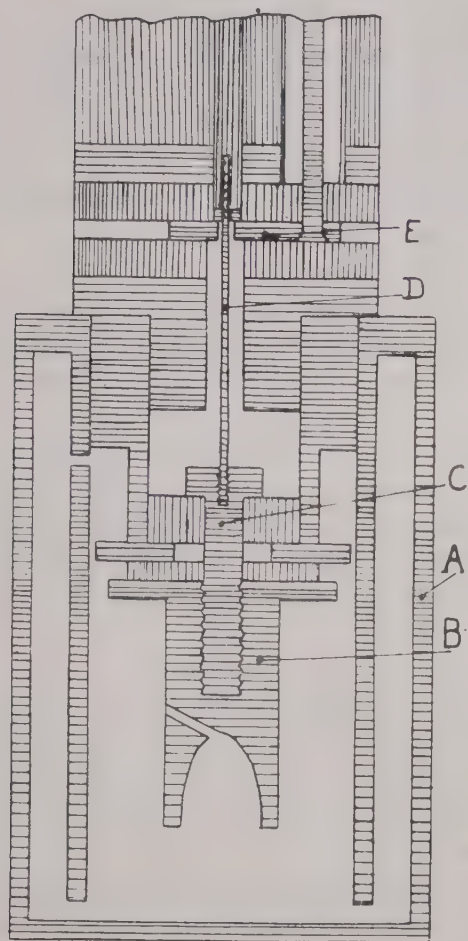


Fig. 1.

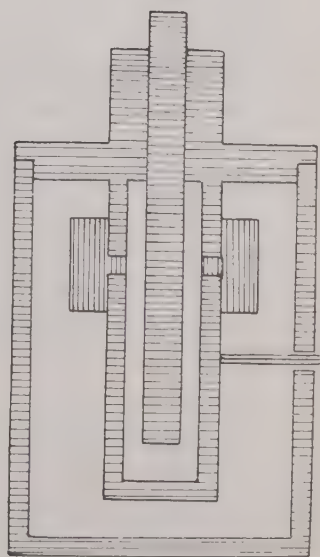


Fig. 2.

dans le liquide contenu dans un bac A en verre ou mieux en métal. L'électrode haut potentiel intérieure B est maintenue à l'aide de deux rondelles isolantes en téflon par la vis C qui assure également la liaison électrique; ce mode de fixation électrode-isolant assure une excellente étanchéité, permet d'éviter l'emploi de colle ou de ciment susceptible d'entrer en interaction avec le liquide (cas de certains solvants et d'acides) et de plus la facilité de démontage permet de choisir dans un jeu d'électrodes B celle dont le diamètre est adapté à l'ordre de grandeur de la constante diélectrique à mesurer.

Dans le circuit de mesure, la cellule est branchée en parallèle avec un condensateur variable étalon et l'on opère par substitution. Pour diminuer l'influence de la self de la connexion de la cellule (qui conduit à une correction importante lorsque le liquide a des pertes notables), la jonction commune de la cellule et de l'étalon avec le reste du circuit se fait le plus près possible de l'électrode haut potentiel de la cellule. Dans le montage de mesure utilisé [circuit oscillant à résonance de tension précédemment décrit ⁽¹⁾], trois connexions partent de ce point commun, ici matérialisé par une rondelle échancrée E à la périphérie de laquelle aboutissent les trois connexions, la jonction de cette rondelle E avec la vis B se fait axialement par une tige amovible D vissée dans la tête de B et qui bute sur E par un épaulement. La mise hors circuit de la cellule se fait en enlevant la tige D, donc de manière géométriquement reproductible et sans toucher aux connexions du circuit qui n'interviennent pas dans l'étalonnage de la cellule.

La forme des électrodes est telle que le niveau du liquide, tant qu'il est situé entre les parties supérieures au potentiel de la masse, n'intervient pas; cette circonstance permet une grande tolérance sur la quantité de liquide à introduire dans le bac A.

Une bonne définition de la température de la cellule est assurée en immergeant profondément le bac A dans un bain thermostatique, l'allongement des connexions qui en est la conséquence n'est pas, grâce au système de déconnexion, incompatible avec des connexions propres de la cellule très courtes et de plus la partie déconnectable de la cellule est tout entière à une température bien définie, donc étalonnable avec précision.

Dans une cellule à électrode mobile (*fig. 2*), qui, par ailleurs offre des possibilités électriques de mesure plus étendues ⁽¹⁾, la température du liquide est moins bien définie à cause d'un contact thermique defectueux avec le bain (présence d'une couche d'air entre l'électrode haut potentiel et le blindage) et d'un contact thermique non négligeable avec l'extérieur : l'électrode mobile qui baigne dans le liquide est liée avec le dispositif de repérage de position (vernier ou vis micrométrique) de manière mécaniquement bien définie donc par une partie assez courte et le plus souvent métallique qui a une conductibilité notable.

MAGNÉTOSTATIQUE. — *Expression du potentiel scalaire d'un courant linéaire par une intégrale curviligne.* Note (*) de M. ÉMILE DURAND, présentée par M. Gaston Dupouy.

Le potentiel scalaire V^* d'un courant linéaire fermé d'intensité I , a pour

(¹) *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1650.

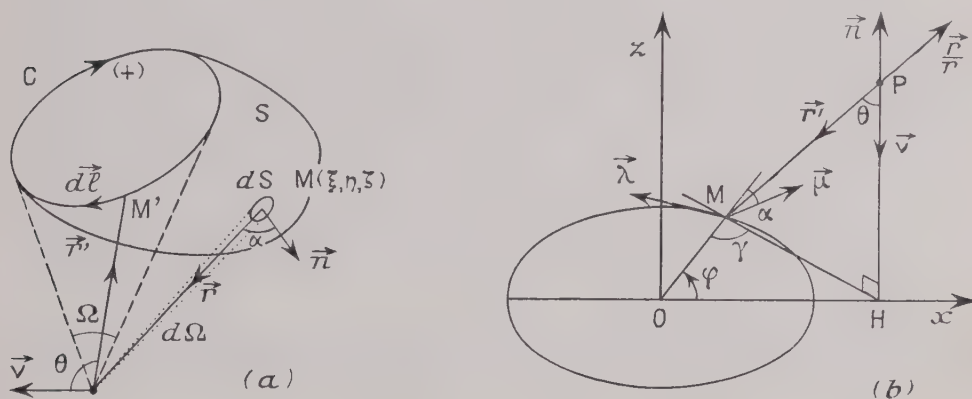
(*) Séance du 14 décembre 1955.

expression (1)

$$(1) \quad \mathbf{V}^* = \frac{1\Omega}{4\pi} = \frac{1}{4\pi} \int_S \left(\vec{n}, \frac{\vec{r}}{r^3} \right) dS.$$

Nous allons montrer que l'angle solide Ω sous lequel, du point P, on voit le feuillet S qui s'appuie sur le contour C du courant, peut se transformer en intégrale curviligne.

Il suffit, pour cela, de trouver un vecteur $\vec{f}$ dont le rotationnel soit égal à $\vec{r}/r^3$. Considérons les coordonnées polaires du point M dans un système ayant P pour origine, $\vec{v}$ comme vecteur unitaire de l'axe polaire et $\vec{r}' = \overrightarrow{PM} = -\vec{r}$ (fig. 1 a). Dans ce système le vecteur $\vec{r}/r^3$ a pour composantes $(-1/r^2, 0, 0)$



dans les directions des r' , θ et φ croissants. On voit alors que le vecteur cherché a pour expression

$$(2) \quad f_{r'} = f_\theta = 0, \quad f_\varphi = -\frac{1}{r} \frac{1 - \cos \theta}{\sin \theta} = -\frac{1}{r} \frac{\sin \theta}{1 + \cos \theta} = -\frac{1}{r} \tan \frac{\theta}{2}.$$

On a en effet, d'après l'expression du rotationnel en coordonnées polaires,

$$\{\text{rot} \vec{f}\}_{(r')} = \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \{\sin \theta, f_\varphi\} = -\frac{1}{r^2}; \quad \{\text{rot} \vec{f}\}_\varphi = \{\text{rot} \vec{f}\}_\theta = 0.$$

Si l'on veut mettre (2) sous la forme vectorielle, on note que le vecteur unitaire de la direction des φ croissants a pour expression $\vec{\mu} = [\vec{v} \times \vec{r}']/r \sin \theta$, d'où

$$(3) \quad \vec{f} = f_\varphi \cdot \vec{\mu} = -\frac{1}{r} \frac{1 - \cos \theta}{\sin \theta} \vec{\mu} = -\frac{1}{r} \frac{[\vec{v} \times \vec{r}']}{r + (\vec{r}', \vec{v})}.$$

(1) Voir E. DURAND, *Électrostatique et Magnétostatique*, Masson et C^e, Paris, 1953.

D'après la formule connue de la transformation des intégrales de surfaces en intégrales curvilignes, on peut écrire

$$(4) \quad \Omega = \int_S (\vec{n} \cdot \overrightarrow{\text{rot}} \vec{f}) dS = \int_C (\vec{f} \cdot \overrightarrow{dl}) = \int_C (\vec{f} \cdot \vec{\lambda}) dl,$$

en désignant par $\vec{\lambda}$ le vecteur unitaire tangent à la direction positive de la courbe C. Les expressions (3) et (4) sont les formules que nous cherchions.

La fonction $\vec{f}$ donnée par (3) n'est pas la seule qui satisfasse à $\text{rot } \vec{f} = \vec{r}/r^3$; comme le rotationnel d'un gradient est toujours nul, on peut aussi prendre $(\vec{f} + \overrightarrow{\text{grad}} \Phi)$ où Φ est une fonction scalaire quelconque. Ceci n'entraîne cependant aucune indétermination dans le problème qui nous préoccupe car l'intégrale curviligne de $(\vec{f} + \overrightarrow{\text{grad}} \Phi) = d\Phi$ donnerait zéro pour une courbe fermée C.

Il y a cependant une certaine indétermination due au fait que l'intégrale curviligne (4) n'est plus discontinue sur la surface initiale S mais sur une autre surface qui est un demi-cylindre s'appuyant sur C et dans la direction $\vec{\lambda}$. Il faut donc ajouter une constante dans certaines régions pour que (4) soit identique à (1). On peut d'ailleurs introduire cette possibilité dans l'expression même de $\vec{f}$ puisque l'on peut écrire $(\varepsilon - \cos \theta)$ au lieu de $(1 - \cos \theta)$ dans (2), ε étant une constante arbitraire. Le gros avantage de (4) sur (1), c'est que l'on a déjà intégré sur une variable.

Voici un exemple d'application de ces formules dans le cas d'une circonférence d'axe Oz et de rayon a (fig. 1 b). On a alors

$$(5) \quad \Omega = - \int_C \frac{1}{r} \frac{\varepsilon - \cos \theta}{\sin \theta} (\vec{\lambda} \cdot \vec{\mu}) dl, \quad \text{avec} \quad (\vec{\lambda} \cdot \vec{\mu}) = \cos \left(\frac{\pi}{2} + \alpha \right) = -\cos \gamma$$

et

$$dl = a d\varphi; \quad \cos \theta = \frac{z}{r}; \quad \sin \theta = \frac{\overline{MH}}{r}; \quad -\cos \gamma = \frac{R^2 - a^2 - \overline{MH}^2}{2a \overline{MH}}.$$

Si l'on pose $\varphi = \pi - 2\psi$, il vient

$$(6) \quad \pi^2 = \overline{MH}^2 + z^2 = r_1^2 - 4aR \sin^2 \psi, \quad \text{avec} \quad r_1 = \sqrt{(R+a)^2 + z^2}, \quad R = \overline{OH}$$

et

$$(7) \quad \Omega = -2 \int_0^{\frac{\pi}{2}} \left(\varepsilon - \frac{z}{r} \right) \left\{ \frac{R^2 - a^2}{r^2 - z^2} - 1 \right\} d\psi.$$

Cette intégrale (7) s'exprime en fonction des intégrales de Legendre de première et de troisième espèce

$$(8) \quad \mathcal{J}_1 = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\psi}{\sqrt{1 - K^2 \sin^2 \psi}}, \quad \mathcal{J}_3 = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\psi}{\sqrt{1 - K^2 \sin^2 \psi} [1 - m^2 \sin^2 \psi]},$$

soit

$$(9) \quad \Omega = \varepsilon(1 - \varepsilon')\pi + \frac{2z}{r_1} \left\{ \varepsilon' \sqrt{1 - m^2} \mathcal{J}_3(K, m) - \mathcal{J}_1(K) \right\},$$

avec

$$(10) \quad \begin{cases} K = \frac{\sqrt{4aR}}{r_1}, \\ m = \frac{\sqrt{4aR}}{(R+a)}; \end{cases} \quad \varepsilon = \begin{cases} -1 & \text{si } z < 0, \\ 0 & \text{si } z = 0, \\ 1 & \text{si } z > 0; \end{cases} \quad \varepsilon' = \begin{cases} -1 & \text{si } R < a, \\ 0 & \text{si } R = a, \\ 1 & \text{si } R > a; \end{cases} \quad \sqrt{1 - m^2} = \varepsilon' \frac{R - a}{R + a}.$$

Le terme en $\mathcal{J}_3$ est discontinu pour $R = a$, car $\mathcal{J}_3$ devient infinie comme $\pi/2 \sqrt{(1 - K^2)(1 - m^2)}$ quand $m \rightarrow 1$, mais cette discontinuité est compensée par $-\varepsilon\varepsilon'\pi$. Quand $R = 0$, on retrouve la formule classique $\Omega = 2\pi(\varepsilon - \cos \theta)$.

MAGNÉTISME. — *Étude de polarisation rotatoire magnétique dans le ferrite de cuivre à 10 000 MHz.* Note (*) de M. **FERDY MAYER**, transmise par M. Louis Néel.

Le ferrite de cuivre recuit et trempé montre des résultats très différents en polarisation rotatoire magnétique, résultats que l'on compare avec leurs cycles d'aimantation. Ces mesures s'avèrent un moyen commode pour l'étude des deux variétés du ferrite de cuivre.

Le ferrite de cuivre $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{CuO}$ possède à haute température la structure cubique des spinelles qui se transforme en dessous de 760°C , à la suite de légères déformations, en une structure quadratique ⁽¹⁾. En outre, la répartition des ions tend, à basse température, vers celle qui caractérise les spinelles inverses ⁽²⁾.

La phase quadratique présente une faible saturation magnétique et un champ coercitif élevé, de quelques centaines d'œrstedes, tandis que la phase cubique, obtenue par trempe en faux équilibre à la température ambiante, présente une saturation plus élevée avec un champ coercitif voisin de 10 Oe.

A l'aide d'un échantillon de 42,5 mm de long et 6,7 mm de diamètre, nous avons fait des mesures de rotation Faraday dans la bande des 10 000 MHz. La structure cristalline a été contrôlée aux rayons X ⁽³⁾. La figure 1 montre le cycle d'hystérésis de rotation en fonction du champ magnétique statique longitudinal. La rotation obtenue est négative (en sens opposé du courant

(*) Séance du 17 octobre 1955.

⁽¹⁾ L. WEIL, F. BERTAUT et L. BOCHIROL, *J. Phys. Rad.*, **11**, mai 1950, p. 208-212.

⁽²⁾ L. NÉEL, *Ann. Inst. Fourier*, Grenoble, **1**, 1949, p. 163; R. PAUTHENET, *Ann. Phys.*, **7**, 1952, p. 710.

⁽³⁾ Par MM. Bertaut et Delorme.

statique magnétisant). On remarque que la forme des deux cycles rappelle celle des cycles d'aimantation des deux variétés : champ coercitif moyen et saturation de rotation faible pour la structure quadratique : champ coercitif faible et saturation de rotation nettement plus élevée pour la structure cubique.

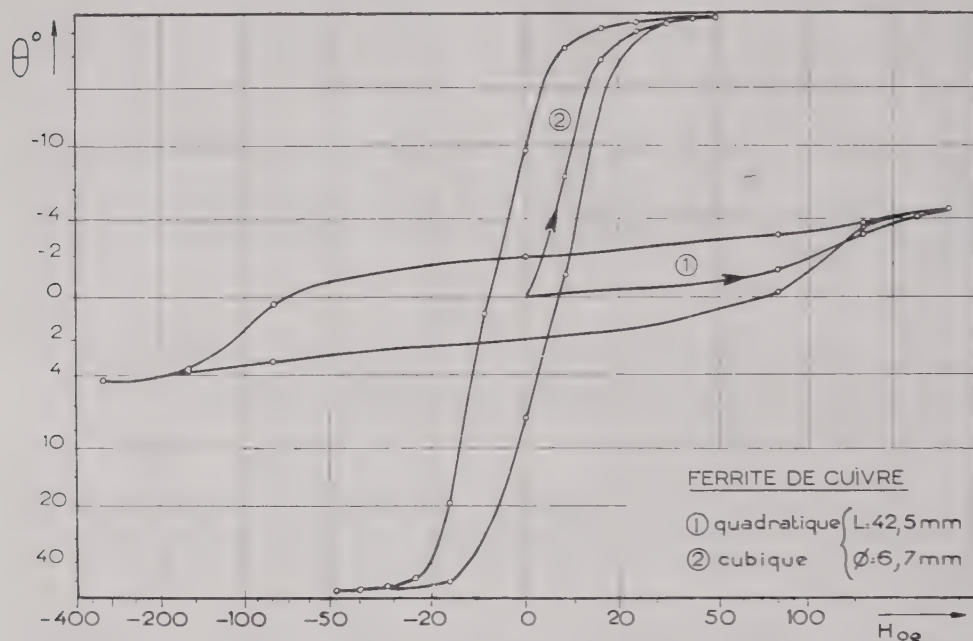


Fig. 1.

La figure 2 montre les pertes dues à l'insertion des deux ferrites dans le guide.

L'échantillon non trempé montre des pertes de l'ordre de 10 dB, variant peu avec le champ (même jusqu'à 4 000 Oe), et probablement dues à des pertes

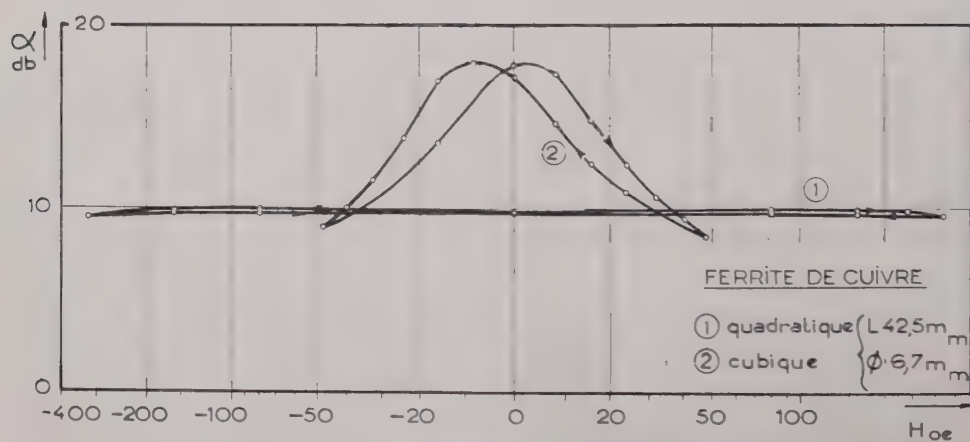


Fig. 2.

diélectriques. Le ferrite trempé a, au contraire, des pertes très variables avec le champ appliqué, ce qui montre que le mécanisme des pertes a complètement changé avec la culture cristalline.

L'étude de l'ellipticité de l'onde ($\varepsilon = 20 \log(E_{\max}/E_{\min})$, $E_{\max}$ et $E_{\min}$ correspondant aux champs dirigés suivant les axes de l'ellipse (*fig. 3*) montre dans le type cubique que l'absorption est sélective dès qu'on atteint la satura-

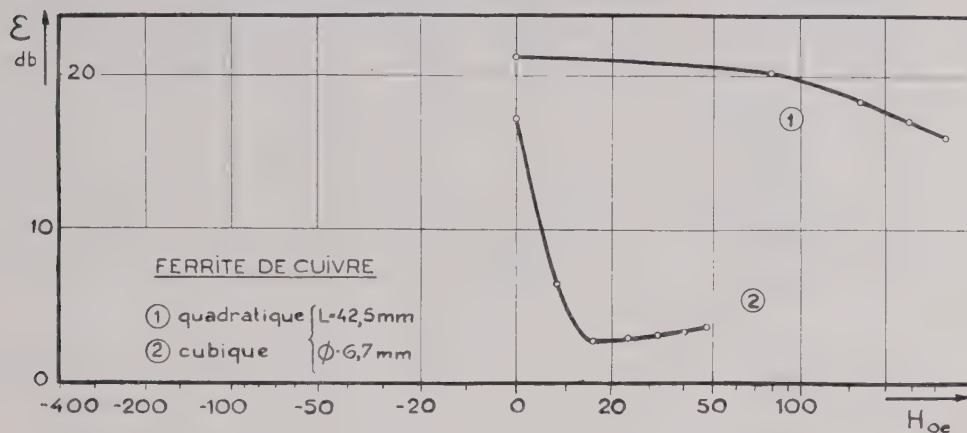


Fig. 3.

tion : l'une des composantes de polarisation circulaire est presque entièrement absorbée dans le ferrite dès un champ de 20 Oe : cet effet ressemble à l'absorption sélective d'une des composantes circulaires à la résonance ferromagnétique, mais il apparaît en fait, pour ce ferrite, bien avant la résonance, qui a lieu pour 1 700 Oe.

Les mesures de polarisation rotatoire magnétique s'avèrent un moyen commode pour l'étude du ferrite de cuivre et de la formation de la phase quadratique ; il serait intéressant de comparer les calculs théoriques de rotation sur les deux variétés, à partir de la structure envisagée des sous-réseaux. Une publication ultérieure décrira les résultats obtenus pour des champs plus élevés.

MAGNÉTISME. — *Paramagnétisme de quelques ferrites de terres rares*. Note (*) de MM. JEAN-CLAUDE BARBIER et ROLAND ALÉONARD, transmise par M. Louis Néel.

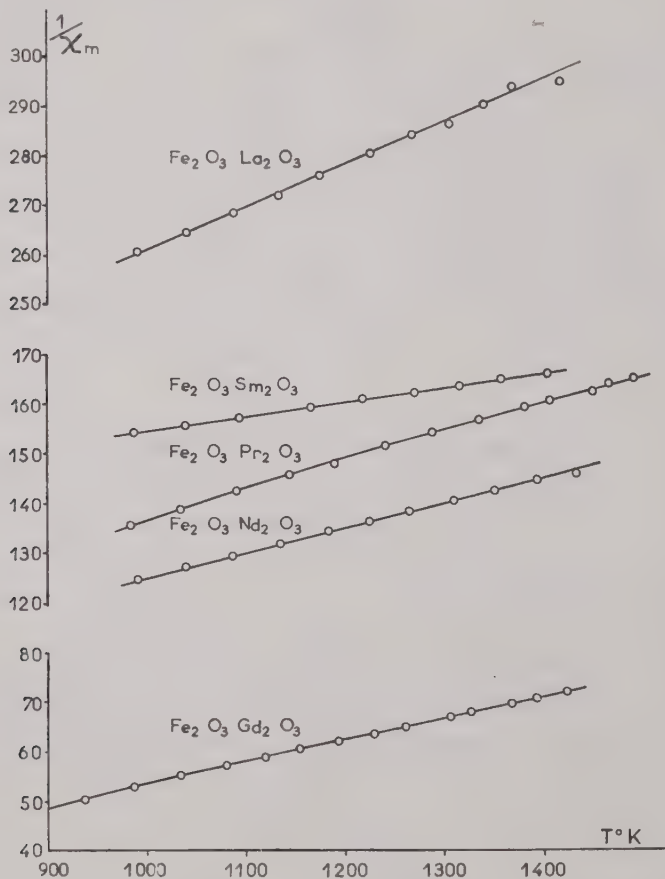
Les ferrites de terres rares, de formule générale $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{M}_2\text{O}_3$, ont été découverts récemment par Forestier et Guiot-Guillain ⁽¹⁾.

(*) Séance du 14 décembre 1955.

(1) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1844.

Nous avons poursuivi l'étude, commencée par R. Benoit ⁽²⁾, de la variation de leur susceptibilité paramagnétique en fonction de la température au-dessus du point de Curie.

Nous avons étudié successivement les ferrites de lanthane, de praséodyme, de néodyme, de samarium et de gadolinium. Le domaine des mesures a été étendu jusqu'à 1450° K environ. Les variations de l'inverse de la susceptibilité χ_m rapportée à la molécule $(\text{FeMO}_3)_2$ en fonction de la température sont représentées sur la figure. Les courbes expérimentales $(1/\chi_m, T)$



présentent une faible concavité dirigée vers l'axe des températures. En assimilant, à haute température, ces courbes à des branches d'hyperboles, nous avons déterminé les constantes de Curie C_m et les points de Curie paramagnétiques asymptotiques θ_p . Les résultats sont consignés dans le tableau ci-après.

(2) *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2389.

	La.	Pr.	Nd.	Sm.	Gd.
C_m	11,6	19,4	20,5	35,5	24,4
C'	8,8	12,0	10,4	9,0	24,6
$-\theta_p(^{\circ}\text{K})$	2020	1700	1550	4500	330

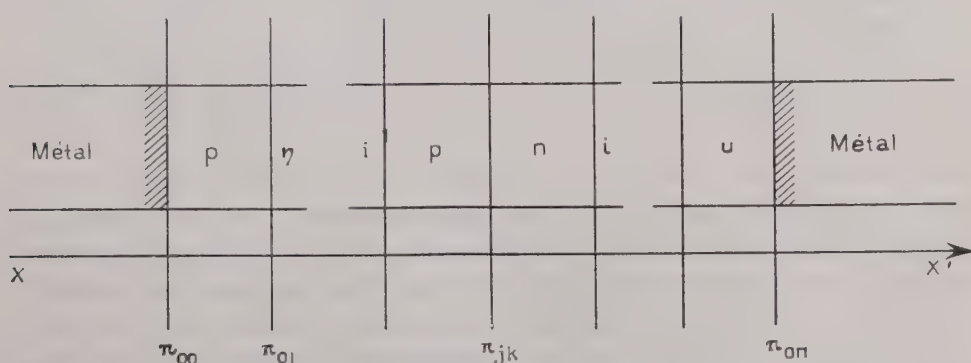
Les constantes C' données dans le tableau sont obtenues en ajoutant les constantes de Curie théoriques relatives aux deux ions Fe^{+++} et M^{+++} .

La constante C_m trouvée pour $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{Gd}_2\text{O}_3$ est légèrement supérieure à celle indiquée par Benoit. La raison en est que nous avons pu poursuivre nos mesures à plus haute température et par suite déterminer avec plus de précision l'asymptote à l'hyperbole ($1/\chi_m$, T).

Pour tous les autres ferrites les constantes C_m sont nettement supérieures aux constantes théoriques C' . Ces écarts sont à rapprocher d'écarts du même ordre signalés pour d'autres ferrites par L. Néel ⁽³⁾ et qu'il a interprétés en émettant l'hypothèse d'une variation thermique du champ moléculaire.

SEMI-CONDUCTEURS. — *Sur une forme particulière des équations régissant la propagation des porteurs libres dans un réseau cristallin homogène du type « à jonction », unidimensionnel.* Note (*) de M. **ANDRÉ LEBLOND**, présentée par M. Camille Gutton.

La structure la plus générale du type à jonction peut être spécifiée suivant la terminologie classique comme étant du type $p-n-i-p\dots$ chaque lettre désignant la nature du type de porteur libre qui est majoritaire dans la zone considérée, chaque zone étant énoncée l'une après l'autre dans l'ordre où on les rencontre quand on se déplace de gauche à droite par exemple (fig. 1).



On suppose que le passage d'une zone d'un certain type à la suivante se fait

⁽³⁾ *J. Phys. Rad.*, 12, 1951, p. 258.

(*) Séance du 14 décembre 1955.

à travers un plan de séparation analogue à $\pi_{j,k}$ (fig. 1); une telle hypothèse est fondée sur le fait qu'il est effectivement possible de réaliser des jonctions suivant ce schéma.

Dans les structures « à jonction » ces plans π sont soit des plans de discontinuité pour la quantité $(N_d - N_a)$, N_d étant le nombre de centres donneurs d'électrons et N_a le nombre de centres accepteurs d'électrons, soit des plans où cette quantité change de signe. Ils ne sont en aucun cas des plans de discontinuité de la structure cristalline qui reste continue et homogène de bout en bout, de π_{00} à $\pi_{0\gamma}$.

Le courant est, dans ces structures, injecté et recueilli en π_{00} et $\pi_{0\gamma}$ où la jonction métal-semi-conducteur est réalisée par soudure à l'étain, le contact étant au droit de ces plans pratiquement ohmique.

La propagation des porteurs est supposée réalisée dans une seule direction suivant XX' , les quantités variables étant les mêmes dans un plan d'abscisse X .

Pour étudier le mouvement des porteurs libres fournissant une intensité totale I , dans un tel système, on part des équations (1), (2) et (3) :

$$(1) \quad \frac{d^2\psi}{dx^2} = -\frac{4\pi q}{k\varepsilon_0} (N_d - N_a + p - n),$$

$$(2) \quad I = -q \left(D_p \frac{dp}{dx} - D_n \frac{dn}{dx} \right) - q(p\mu_p + n\mu_n) \frac{d\psi}{dx},$$

$$(3) \quad -D_p \frac{d^2p}{dx^2} - \mu_p \frac{dp}{dx} \frac{d\psi}{dx} - \mu_p p \frac{d^2\psi}{dx^2} = g - rnp.$$

Les symboles utilisés sont les mêmes que ceux utilisés dans les publications classiques, c'est-à-dire :

D_p, D_n , coefficients de diffusion pour les trous et les électrons;

μ_p, μ_n , mobilités (pour les trous et les électrons);

p, n , nombre de porteurs positifs et négatifs libres;

$-d\psi/dx$, champ électrique existant au droit du plan d'abscisse x ;

g et r , taux de génération et de recombinaison ambipolaire du couple électron-trou.

On peut en suivant une méthode indiquée par Shockley ⁽¹⁾ exprimer p et n au moyen des quasi-niveaux de Fermi pour les trous, φ_p , et les électrons φ_n et considérer les équations (1), (2), (3) comme un système reliant les trois fonctions $\psi, \varphi_p, \varphi_n$ qui doit être intégré compte tenu des conditions aux limites.

Toutefois le système ainsi écrit est compliqué et il semble préférable dans le cas où l'on étudie la propagation de porteurs dans un réseau cristallin homogène, de conserver comme fonctions inconnues, p, n et $d\psi/dx$, ce qui permet d'aboutir à un système d'équations permettant une intégration numérique simple.

(1) *Bell. Syst. Tech. J.*, juillet 1949, p. 434-490.

On prend alors comme unité de longueur la quantité

$$B = \frac{4\pi q^2}{k\varepsilon_0} \frac{1}{kT}.$$

On remarque que l'égalité (1) donne $p = n$. On prend alors pour fonctions inconnues de $\xi = x/B$ les quantités G et H avec

$$(5) \quad \begin{cases} G = \frac{q}{kT} \frac{d\psi}{dx}, & \frac{D_p + D_n}{D_p - D_n} = \mu, & gB^3 \frac{D_p - D_n}{D_p D_n} = \gamma, \\ H = u + v = (n + p)B^3, & \frac{2IB^4}{q(D_p - D_n)} = \lambda, & \frac{r}{B} \frac{D_p - D_n}{D_p D_n} = \varrho. \end{cases}$$

Le système auquel on aboutit s'écrit alors

$$(6) \quad \mu G'' = H' + \mu GH + \lambda - NG - GG',$$

$$(7) \quad H'' = N(1 - 2\mu\rho)G' + GG'' + (1 - \mu\rho)G'^2 + \mu\rho H^2 - \mu\gamma - \mu\rho N^2.$$

Ce système permet le calcul direct de G et H en fonction de ξ par une méthode d'itération classique en fonction de quatre constantes arbitraires. L'écriture des conditions aux limites permet de spécifier celles-ci et de connaître avec précision la caractéristique intensité-tension (prise entre π_{00} et $\pi_{0\gamma}$) de la structure semi-conductrice étudiée.

ÉLECTRONIQUE. — Oscillations de plasma et fréquences de résonance dans un magnétron en régime de Brillouin. Note (*) de MM. JEAN COSTE et JEAN-LOUP DELCROIX, présentée par M. Louis de Broglie.

Équation de perturbation des charges d'espace monodromiques. Application au nuage de Brillouin : on montre que les oscillations sont elliptiques. Identité entre l'approximation « basse fréquence » et l'approximation non relativiste. Un magnétron en régime de Brillouin possède une suite discrète de fréquences de résonance proportionnelles à la fréquence gyromagnétique, mais dépendant de b/a et c/a .

1. OSCILLATIONS DE PLASMA DANS UN NUAGE DE BRILLOUIN. — *a. Introduction.* — Nous avons montré dans des publications antérieures ⁽¹⁾ qu'on pouvait, moyennant certaines précautions expérimentales, obtenir dans un magnétron à anode pleine le nuage électronique statique connu sous le nom de régime de Brillouin dans lequel les électrons décrivent des cercles autour de l'axe Oz du magnétron. La présente Note est consacrée à l'étude théorique des oscillations de plasma d'un tel nuage. Nous supposons que les effets de bouts sont négligeables, que les oscillations sont de faible amplitude, et qu'en se superposant

(*) Séance du 14 décembre 1955.

(1) J. L. DELCROIX, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2347; 235, 1952, p. 1018; *Ann. Phys.*, 9, 1954, p. 269-321.

au régime statique, elles engendrent un régime qui reste irrotationnel et monodromique ⁽²⁾. On peut alors appliquer une méthode de perturbation à l'équation générale des charges d'espace de ce type que nous avons indiquée précédemment ⁽²⁾ en posant

$$(1) \quad \vec{u} = \vec{u}_0 + \vec{u}_1, \quad |u_1| \ll |u_0|,$$

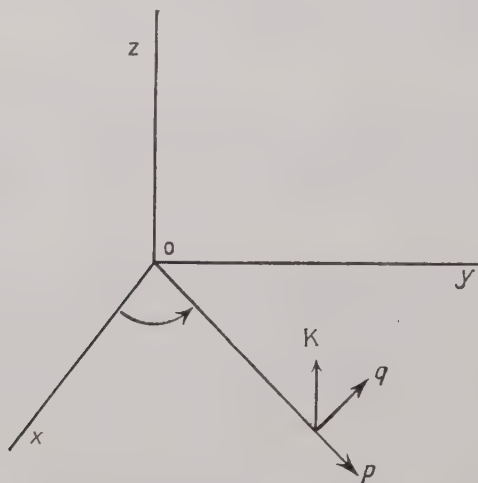
$\vec{u}_0$ représentant le mouvement de Brillouin et $\vec{u}_1$ sa perturbation; si $|u_0| \ll c$ les vecteurs $\vec{u}$ se confondent pratiquement avec les vecteurs vitesses correspondants. En négligeant à la fois les termes en u_0^2/c^2 et les termes non linéaires en $\vec{u}_1$, on obtient l'équation de perturbation

$$(2) \quad c^2 \overrightarrow{\text{rot rot}} u + \vec{u}_0 \left[\text{div} \frac{\partial u_1}{\partial t} + \Delta (\vec{u}_0 \cdot \vec{u}_1) \right] + \vec{u}_1 \Delta \left(\frac{1}{2} \vec{u}_0^2 \right) - \frac{\partial^2 \vec{u}_1}{\partial t^2} + \overrightarrow{\text{grad}} \left(\vec{u}_0 \frac{\partial u_1}{\partial t} \right) = 0.$$

b. Équations des oscillations de plasma à propagation azimuthale dans un nuage de Brillouin. — Recherchons une oscillation harmonique de la forme

$$(3) \quad \vec{u}_1 = (u_r \vec{p} + u_\varphi \vec{q} + u_z \vec{k}) e^{j(\omega t - n\varphi)},$$

u_r, u_φ, u_z , fonctions complexes de r .



En projetant (2) sur les trois directions $\vec{p}, \vec{q}, \vec{k}$ (fig. 1), on obtient le système

$$(4) \quad \frac{jn}{r} c^2 \left[\frac{u_\varphi}{r} + \frac{du_\varphi}{dr} + \frac{jn}{r} u_r \right] + u_r (\omega^2 - \omega_p^2) - j\omega \frac{d}{dr} (u_0 u_\varphi) = 0,$$

$$(5) \quad c^2 \frac{d}{dr} \left[\frac{u_\varphi}{r} + \frac{du_\varphi}{dr} + \frac{jn}{r} u_r \right] + u_0 [j\omega \text{div} \vec{u}_1 + \Delta_r (u_0 u_\varphi)],$$

$$(6) \quad + u_\varphi (\omega^2 - \omega_p^2) - \frac{n\omega}{\rho} u_0 u_\varphi = 0,$$

$$(7) \quad c^2 \Delta_r (u_z) + u_z (\omega^2 - \omega_p^2) = 0,$$

⁽²⁾ J. COSTE et J. L. DELCROIX, *Comptes rendus*, 242, 1956 (à paraître).

avec

$$(8) \quad \omega_p^2 = \frac{e\rho_0}{m\varepsilon_0} \quad \text{et} \quad \Delta_r = \frac{d^2}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d}{dr} - \frac{n^2}{r^2}.$$

c. Oscillations axiales. — Il n'y a aucun couplage entre les oscillations axiales u_z et les oscillations transversales (u_r et u_φ). Nous n'étudierons pas ici les oscillations axiales.

d. Oscillations transversales. — Il y a un couplage entre les oscillations radiales u_r et les oscillations tangentielles u_φ ; on ne peut donc pas avoir d'oscillations purement radiales ou tangentielles, mais seulement des oscillations dans lesquelles u_r et u_φ sont tous deux différents de zéro et déphasés; autrement dit, *les oscillations transversales sont elliptiques*.

e. Approximation « Basses fréquences non relativistes. » — L'étude des équations (4) et (5) dans lesquelles on donne à u_0 et ω_p les expressions caractéristiques du régime de Brillouin conduit à introduire les deux paramètres sans dimensions :

$$(9) \quad \lambda = \frac{\omega}{\omega_H},$$

$$(10) \quad \mu^2 = \left(\frac{2\pi a}{\lambda} \right)^2,$$

ω_H étant la pulsation gyromagnétique eB/m , λ la longueur d'onde correspondant à ω et a le rayon de la cathode.

Nous appelons approximation « basses fréquences », l'approximation dans laquelle on a $r/\lambda \ll 1$ pour toutes les valeurs de r utiles. Il en résulte en particulier que $\mu^2 \ll 1$ et dans les équations, on peut négliger μ^2 devant l'unité. Nous verrons que ω est de l'ordre de grandeur de ω_H et l'on peut alors voir que μ est de l'ordre de grandeur v_0/c , par conséquent l'approximation « basses fréquences » se confond avec l'approximation non relativiste.

Dans cette approximation, les équations (4) et (5) peuvent se ramener à un système de la forme

$$(11) \quad u_r = \frac{j}{n} \frac{d(xu_\varphi)}{dx},$$

$$(12) \quad y'' + A(\bar{x}, \lambda, n)y' + B(x, \lambda, n)y = 0,$$

$$(13) \quad x = \frac{r}{a}, \quad y = xu_\varphi,$$

u_r et u_φ sont déphasés de $\pi/2$; l'un des axes des ellipses d'oscillations coïncide avec le rayon vecteur.

2. FRÉQUENCES DE RÉSONANCE D'UN MAGNÉTRON. — Le nuage de Brillouin est contenu dans une cavité coaxiale limitée par la cathode ($r = a$) et l'anode ($r = c$). Soit $r = b$, le rayon de la surface de coupure (limite du nuage proprement dit). Dans l'intervalle $a < r < b$ les phénomènes sont décrits par l'équation

homogène (12). En imposant pour $r = a$ la condition que le champ électrique soit normal, on détermine γ à un facteur d'amplitude près. Pour $r = b$, il y a une discontinuité dans les équations; en fait, la surface de coupure oscille autour de la position moyenne $r = b$ dans une tranche d'épaisseur 2δ ; dans l'intervalle $b < r < c$ le champ électromagnétique est solution des équations de Maxwell dans le vide; pour garder la même symétrie que dans le nuage, on peut chercher une solution en $e^{j(\omega t - n\varphi)}$ c'est-à-dire un mode pur des cavités coaxiales. L'analyse que nous donnerons dans une publication ultérieure de ce qui se passe au voisinage de $r = b$ montre que le raccord des champs est effectivement possible à travers la tranche $b - \delta < r < b + \delta$.

Si l'on suppose donnés, a , b , λ et n , le champ électromagnétique est donc défini à un facteur d'amplitude près au-delà de $r = b$. Or pour $r = c$, le champ électrique doit être normal; donc, c est déterminé par les données précédentes. En fait, un magnétron en régime de coupure est caractérisé par les valeurs de a , b , c , ω et la discussion précédente met en évidence la possibilité d'une suite de fréquences de résonances selon une loi du type

$$\frac{\omega}{\omega_{11}} = f\left(\frac{b}{a}, \frac{c}{a}, n\right).$$

Le mode n représente des ondes tournant à la vitesse angulaire ω/n . Nous étudierons dans des publications ultérieures les cas $n = 0$, $n = 1$.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Interaction des ondes centimétriques avec un plasma en présence d'un champ magnétique.* Note de MM. **FÉLIX DIAMAND**, **ADRIANO GOZZINI** et **THÉO KAHAN**, présentée par M. Louis de Broglie.

On décrit et on discute de divers résultats d'expériences sur l'interaction d'ondes centimétriques avec un plasma en présence d'un champ magnétique.

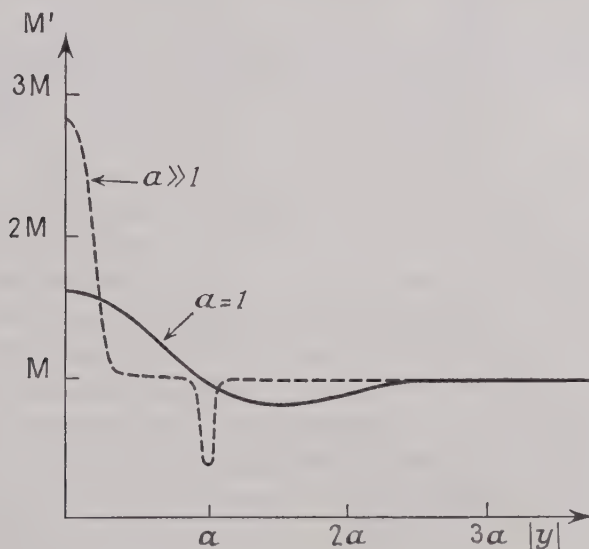
1. *Autointeraction.* — Nous avons essayé de retrouver sur des ondes de 10 000 MHz le phénomène connu sous le nom d'autointeraction ou auto-démodulation, mis en évidence par Cutolo (1) sur ondes longues.

Montage expérimental : Le plasma est constitué par une décharge continue placée dans un guide circulaire où se propagent, selon le mode H_{11} des ondes engendrées dans un klystron de 30 MW. La décharge est parallèle à la direction de propagation et le champ magnétique est transversal. L'onde est modulée en amplitude, en interposant sur son trajet un cristal parcouru par un courant sinusoïdal à la fréquence de modulation. La mesure du taux de modulation se fait en recevant le signal détecté à la fois dans un amplificateur vidéo et un amplificateur continu.

(1) *Nature*, 167, 1951, p. 314-315.

Résultats. — En absence de champ magnétique, l'absorption est très faible, et l'autodémodulation inexistante. En se référant à la théorie de Bailey-Huxley de l'interaction de deux ondes qui a été étendue au cas de l'autointeraction par Hibberd ⁽²⁾, il ne faut pas s'attendre à des effets plus marqués, même en supposant l'absorption beaucoup plus intense : en appliquant la formule (20) de l'article cité de cet auteur, avec une amplitude de 1 V m pour E, ce qui, pour la puissance du klystron utilisé, est l'ordre de grandeur de sa valeur maximum dans la section du guide, et avec une absorption très exagérée de 1 e, on trouve que la diminution relative du taux de modulation $(M - M')/M$ est de l'ordre de 10^{-6} .

En présence du champ magnétique, on observe une absorption passant par un maximum de l'ordre de 20 dB pour la valeur H_0 du champ correspondant à la gyrofréquence. La courbe de résonance est relativement étroite, sa demi-largeur $\Delta\Omega \sim 40$ kHz. Il devient alors évident que, pour une fréquence



porteuse suffisamment proche de la gyrofréquence, et une largeur de bande suffisante, l'on observera une modification du taux de modulation ainsi que l'apparition d'harmoniques, en raison de l'absorption inégale des trois bandes constituant l'onde modulée. Examinons ceci de plus près :

Soient Ω , Ω_0 , ω les pulsations de la porteuse, de résonance, et de modulation, $\Delta\Omega$ la demi-largeur de résonance, et posons

$$x = \Omega - \Omega_0, \quad y = \frac{x}{\Delta\Omega}, \quad a = \frac{\omega}{\Delta\Omega}.$$

(²) *Journ. Atm. Terr. Phys.*, 6, 1955, p. 268-279.

L'absorption pour une onde de pulsation Ω est de la forme

$$\exp\left[-\frac{k}{\Delta\Omega^2 + x^2}\right] = \exp\left[-\frac{c}{1 + y^2}\right] = f(y).$$

D'où le taux de modulation : $M' = (M/2)[f(y-a) + f(y+a)]/f(y)$. On en tire les conséquences suivantes :

Sila porteuse est centrée sur la gyrofréquence ($y=0$), alors $M' = M[\exp C]/f(a)$ croît avec ω , de M pour $\omega=0$, à $M \exp C$ pour $\omega \rightarrow \infty$.

Fixons maintenant ω et faisons varier Ω , ou ce qui revient au même, Ω_0 , en agissant sur H . Pour $\omega \ll \Delta\Omega$, on a constamment $M' \neq M$. Sur la figure ci-dessus, on a représenté M' en fonction de Ω dans deux cas : le cas extrême $\omega \gg \Delta\Omega$ ($a \gg 1$), et un cas intermédiaire $\omega = \Delta\Omega$ ($a = 1$). On a pris $C = 1$.

Tous ces résultats sont entièrement vérifiés par nos expériences.

Remarquons pour terminer que le terme « auto-interaction » paraît préférable à « auto-démodulation » puisqu'on obtient, suivant les circonstances, aussi bien une diminution qu'une augmentation du taux de modulation.

2. *Interaction d'un plasma oscillant en basse fréquence avec une onde électromagnétique de 3 cm.* — Le montage est le même que dans l'expérience qui vient d'être décrite. Des oscillations basse fréquence de plasma ont été observées sur un tube à décharge de 30 cm de long, de 2,5 cm de diamètre, contenant du néon sous 1 mm de mercure, alimenté par une tension continue très stable. La fréquence de ces oscillations est de 1200 Hz pour un courant de 3,6 A traversant le tube, et augmente avec le courant suivant une loi légèrement parabolique, ce qui est conforme aux résultats généralement obtenus⁽³⁾.

Une onde non modulée traversant le tube est fortement modulée par ces oscillations. On a observé sur l'oscillographe la forme de cette modulation, et sa modification avec le champ magnétique. Pour $H=0$, la forme est celle d'une oscillation de relaxation telle que par exemple celle indiquée sur la

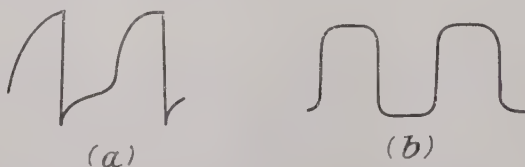


figure a. Au fur et à mesure que l'on fait croître H , ces signaux s'appauvrissent en harmoniques (fig. b) et leur amplitude augmente. Quand H est très proche de H_0 , les signaux prennent une forme sinusoïdale remarquablement pure, et l'accroissement de leur amplitude s'accroît encore jusqu'à environ cinq fois

(3) APPLETON, *West. Phil. Mag.*, 43, 1923, p. 879.

l'amplitude en absence de champ magnétique. Pour $H=H_0$ cependant, la modulation s'évanouit complètement pour reparaitre dès que H est franchi, avec une forme de nouveau très sinusoïdale, et avec la même amplitude que pour des valeurs de H symétriques par rapport à H_0 . Lorsque H continue à croître, les harmoniques réapparaissent, mais il n'est pas possible de pousser cette observation très loin, car un champ magnétique trop élevé arrête la décharge.

On a observé enfin le bruit du plasma grâce à la modulation qu'il imprime à une onde de 3 cm non modulée. En l'absence du champ magnétique ce bruit transféré reste toujours faible. En présence du champ magnétique, il est d'autant plus intense qu'on s'approche davantage de la gyrofréquence son maximum coïncidant avec le maximum d'absorption de l'onde.

Ceci constitue un exemple de plus de la très nette exaltation, au voisinage de la gyrofréquence, des phénomènes d'interaction.

EFFET RAMAN. — *Spectre de Raman de l'eau de cristallisation du sulfate de lithium monohydraté* $\text{SO}_4\text{Li}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, à basse température. Note de M^{me} **ANNETTE WEILL-MARCHAND**, transmise par M. Jean Cabannes.

Le spectre Raman obtenu à -120°C diffère sensiblement de celui obtenu à $+20^\circ\text{C}$. Une hypothèse sur l'orientation de la molécule d'eau à -120°C est exposée.

Nous avons obtenu à -120°C les spectres Raman d'un monocristal de sulfate de lithium monohydraté [de symétrie $C_2(P2_1)$], taillé en parallélépipède rectangle OXYZ, où OY est l'axe binaire.

Pour les quatre raies nettes et fines, provenant des vibrations de la molécule d'eau, que nous avons observées, nous donnons la fréquence en cm^{-1} et le type de symétrie d'après Placzek. Au-dessus de nos résultats à -120°C , nous donnons ceux de M^{me} Vassas-Dubuisson obtenus à $+20^\circ\text{C}$ ⁽¹⁾ : 1610(A+B)-3443(A)-3459(B)-3535(A+B)-3620(A+B); 1605(A+B)-3415(A)-3463(B)-3502(A).

On constate que l'abaissement de la température produit une diminution de la largeur des raies (de 30 cm^{-1} à 5 cm^{-1} environ); il produit également une diminution de la fréquence des raies, ce que nous n'avions pas constaté de façon aussi nette dans l'étude, faite à basse température, sur d'autres cristaux hydratés.

Par couplage entre les deux molécules de la maille, les vibrations de la molécule d'eau devraient donner chacune une raie de type A et une raie de type B. Comme nous trouvons deux raies de type A et une raie de type B, rien

(¹) *J. Chimie Physique*, 50, 1953, p. 9; *Colloques C. N. R. S.*, n° 53.

ne permet de savoir *a priori* si l'on peut attribuer à une même vibration le couple de fréquences 3415 cm^{-1} (A)- 3463 cm^{-1} (B) ou le couple 3463 cm^{-1} (B)- 3502 cm^{-1} (A). Mais dans les deux cas, on voit que les séparations de fréquences sont importantes. On trouve au contraire à $+20^\circ\text{C}$, d'une part, le couple 3443 cm^{-1} (A)- 3459 cm^{-1} (B), d'autre part, le doublet 3535 cm^{-1} (A+B). L'étude de la contraction thermique du cristal ⁽²⁾ montre que, lorsque la température s'abaisse, les deux molécules d'eau se rapprochent, ce qui peut renforcer le couplage.

Nous admettons la structure du cristal proposée récemment par Larson et Helmholtz ⁽³⁾. Ces auteurs ainsi que Ziegler ⁽⁴⁾, Soutif et Ayant ⁽¹⁾, M^{me} Vassas-Dubuisson ⁽¹⁾ et M^{me} Drouard ⁽³⁾ ont émis différentes hypothèses sur l'orientation de la molécule d'eau. Nous n'avons pas pu faire coïncider nos résultats expérimentaux avec les calculs théoriques d'intensité faits pour ces diverses hypothèses. Nous avons alors été amenés à supposer, comme le faisait déjà M^{me} Drouard, qu'un atome d'hydrogène est attiré par l'atome d'oxygène O₃ de SO₄ (notations de Larson et Helmholtz) qui est le plus proche de l'atome d'oxygène O₁ de l'eau (O₁—O₃ = $2,87\text{ Å}$). De plus nous avons admis que l'autre liaison OH est dirigée vers un atome d'oxygène O₁ situé beaucoup plus loin (O₁—O₁) = $3,48\text{ Å}$. L'angle $\widehat{\text{HOH}}$ est ainsi égal à 96° environ.

Dans cette hypothèse et en supposant, pour le calcul des vibrations de valence, que les deux liaisons OH se comportent comme deux oscillateurs indépendants, on trouve (*cf.* tableau) un accord assez satisfaisant entre théorie et expérience. [Les coefficients théoriques d'intensité ont été déterminés en utilisant les valeurs données par Chapelle et Galy ⁽¹⁾.] Cet accord subsisterait d'ailleurs avec des orientations légèrement différentes des liaisons OH considérées, ce qui pourrait modifier de quelques degrés l'angle $\widehat{\text{HOH}}$.

Résultats théoriques.	Résultats expérimentaux.
A $\left\{ \begin{array}{l} \epsilon_{\text{YX}}^2 > \epsilon_{\text{ZZ}}^2 > \epsilon_{\text{XX}}^2 > \epsilon_{\text{ZX}}^2 \\ 6,75 > 5,0 > 2,3 > 0,59 \end{array} \right.$	A 3 415 $\left\{ \begin{array}{l} \epsilon_{\text{ZZ}}^2 > \epsilon_{\text{YX}}^2 > \epsilon_{\text{XX}}^2 > \epsilon_{\text{ZX}}^2 \\ \epsilon_{\text{ZX}}^2 \text{ ttf ou } 0 \end{array} \right.$
B $\left\{ \begin{array}{l} \epsilon_{\text{YZ}}^2 > \epsilon_{\text{XY}}^2 \\ 1,9 > 0,8 \end{array} \right.$	B 3 463 $\left\{ \begin{array}{l} \epsilon_{\text{YZ}}^2 > \epsilon_{\text{XY}}^2 \\ \epsilon_{\text{XY}}^2 \simeq 0 \end{array} \right.$
A $\left\{ \begin{array}{l} \epsilon_{\text{XX}}^2 > \epsilon_{\text{ZZ}}^2 \simeq \epsilon_{\text{ZX}}^2 \simeq \epsilon_{\text{YX}}^2 \\ 11,6 > 3,3 \simeq 2,0 \simeq 1,2 \end{array} \right.$	A 3 502 $\epsilon_{\text{XX}}^2 > \epsilon_{\text{ZZ}}^2 \simeq \epsilon_{\text{ZX}}^2 \simeq \epsilon_{\text{YX}}^2$
B $\left\{ \begin{array}{l} \epsilon_{\text{YZ}}^2 \simeq \epsilon_{\text{XY}}^2 \\ 0,1 \simeq 0,2 \end{array} \right.$	

⁽²⁾ *Phys. Rev.*, **75**, 1949, p. 1625.

⁽³⁾ *J. Chem. U. S. A.*, **22**, n° 12, 1954, p. 2049-2050.

⁽⁴⁾ *Z. Krist.*, (A), **89**, 1934, p. 456-461.

⁽⁵⁾ *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 1700.

Le tableau précédent montre que la raie 3463 cm^{-1} (B) doit être associée à la raie 3415 cm^{-1} (A). De même M^{me} Vassas-Dubuisson avait associé la raie 3459 cm^{-1} (B) à 3443 cm^{-1} (A). Remarquons d'autre part que, à la plus haute fréquence, voisine de celle d'une molécule d'eau à l'état de vapeur, correspondent les vibrations d'un hydroxyle sans doute peu perturbé, les atomes environnants étant assez éloignés.

On passe de l'orientation de la molécule d'eau trouvée par M^{me} Drouard (à la température ordinaire) à celle que nous proposons (à basse température) en faisant simplement tourner la molécule d'eau autour de la liaison $\text{O}_a' - \text{H} - \text{O}_b'$; ceci semble possible puisque Bernal et M^{me} Megaw (6) trouvant petites les différences d'énergie calculées pour divers arrangements de la molécule d'eau, pensent que celle-ci est libre de tourner.

Dans notre hypothèse, l'angle que fait la bissectrice extérieure de la molécule d'eau avec l'axe $\vec{b}$ de la maille est de l'ordre de 54° , valeur peu différente de celle de 46° trouvée par Soutif et Ayant (1).

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Modifications de la courbe de sensibilité spectrale des photopiles au sélénium sous l'action des variations de température.* Note (*) de M. **GEORGES BLET**, transmise par M. Louis Néel.

Les résultats décrits ci-après ont été obtenus avec des photopiles au sélénium de provenances diverses étudiées à des températures échelonnées entre la température ambiante et celle de l'hélium liquide. Les résultats sont qualitativement identiques pour toutes les cellules : seuls les ordres de grandeur des phénomènes diffèrent.

Les phénomènes observés sont très complexes : nous avons cherché à les classer par ordre de complexité croissante :

1° Pour une longueur d'onde donnée la sensibilité photoélectrique diminue quand la température décroît.

2° Cette diminution est d'autant plus marquée que la longueur d'onde est plus courte.

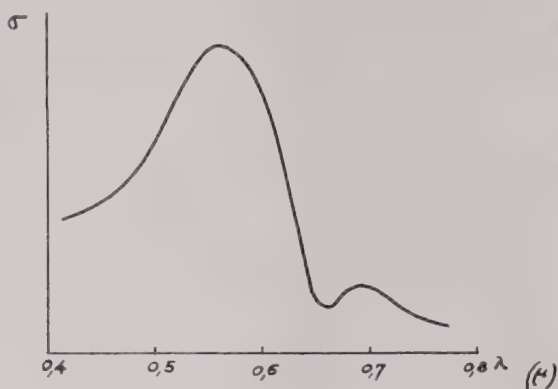
3° La courbe de sensibilité d'une cellule au sélénium comporte un maximum principal pour $\lambda = 0,55\text{ }\mu$ et un maximum secondaire pour $\lambda = 0,70\text{ }\mu$. Cette courbe peut être considérée comme la résultante de deux courbes distinctes. Lors du refroidissement la courbe n° 1 (à maximum à $0,55\text{ }\mu$) est très affectée, la sensibilité tombant à une valeur négligeable dès 100° K ($1,400^\circ$ pour $0,6\text{ }\mu$) (fig. 1 et 2). La courbe n° 2 (à maximum vers $0,70\text{ }\mu$) est au contraire peu

(6) *Proc. Roy. Soc., (A)*, 151, 1935, p. 384.

(*) Séance du 14 décembre 1955.

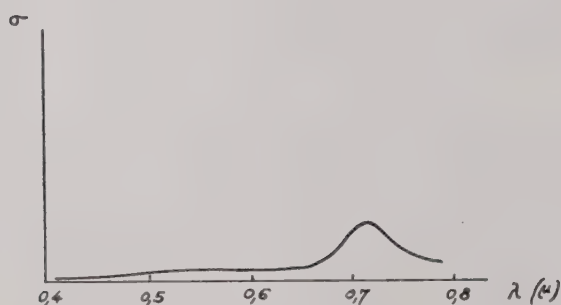
sensible à l'action de la température, la sensibilité pour $\theta = 100^\circ \text{K}$ n'étant divisée que par un facteur 4 ou 5.

4° Un réchauffement à 200°K fait réapparaître la courbe n° 1 qui ne disparaît plus alors par un refroidissement même énergétique (20°K).



Courbe de sensibilité à $\theta = 300^\circ \text{K}$

Fig. 1.



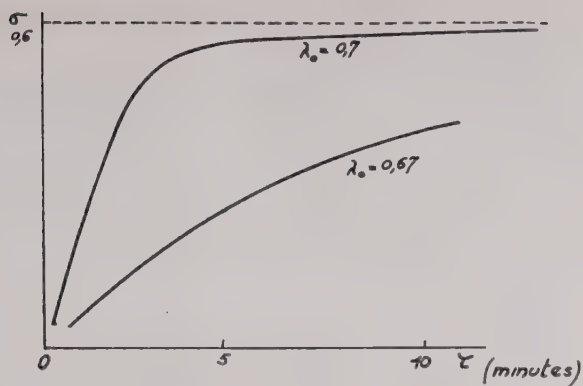
Courbe de sensibilité à $\theta = 100^\circ \text{K}$

Fig. 2.

5° Un réchauffement à la température ambiante permet de retrouver tous les phénomènes précédents.

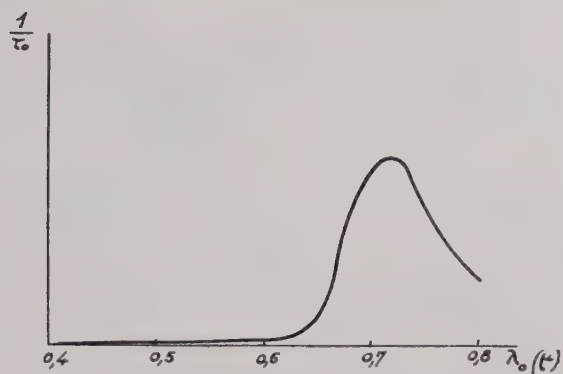
6° Si l'on prend une cellule refroidie pour laquelle la courbe n° 1 est pratiquement inexistante, il est possible de faire réapparaître cette courbe par exposition de la cellule à une longueur d'onde λ_0 que nous appellerons sensibilisatrice. La courbe n° 1 reprend une position inférieure à celle correspondant à la température ambiante.

7° Cette nouvelle valeur de la courbe n° 1 est indépendante de λ_0 mais est atteinte plus ou moins rapidement selon la valeur de λ_0 . Ainsi pour une même énergie incidente, 30 mn avec $\lambda_0 = 0,4 \mu$ sont pratiquement sans action alors que 8 mn avec $\lambda_0 = 0,67 \mu$ et 30 s avec $\lambda_0 = 0,7 \mu$ permettent d'obtenir la courbe limite (fig. 3).



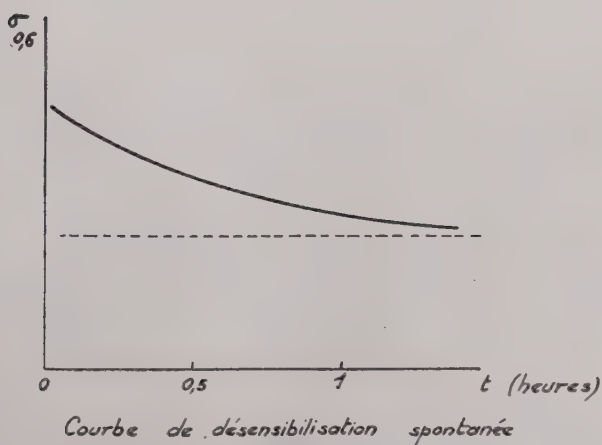
Courbe de resensibilisation en fonction
de la durée d'éclairement τ par λ_0

Fig. 3.



Courbe d'efficacité. τ_0 , temps nécessaire à λ_0
pour resensibiliser à 90%, à énergie constante.

Fig. 4.



Courbe de désensibilisation spontanée

Fig. 5.

8° La courbe d'influence de λ_0 est très voisine de la courbe de sensibilité n° 2 : (*fig. 4*).

9° Alors que la courbe n° 1 est très affectée par la resensibilisation ($\sigma_{0,6}$ est multiplié par 150) la courbe n° 2 n'est pratiquement pas modifiée ($\sigma_{0,7}$ n'est multiplié que par 1,1).

10° La nouvelle courbe n° 1 obtenue n'est pas stable et s'abaisse avec le temps (à température constante) de façon exponentielle. La valeur stable environ moitié moindre n'est atteinte qu'au bout de une à quelques heures. (*fig. 5*).

N. B. — Pour pouvoir observer ces phénomènes, il est bien entendu nécessaire d'utiliser pour le relevé des courbes de sensibilité spectrale des énergies très faibles, et d'opérer rapidement. Les énergies utilisées ont toujours été inférieures à 0,1 μ cal/s.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *La photodanode : modulation du courant différentiel par un champ magnétique alternatif*. Note (*) de MM. LÉON DELOFFRE, ÉMILE PIERRE et JEAN ROIG, présentée par M. Jean Cabannes.

1. Le courant différentiel d'une photodanode, montée en pont, mesure les déplacements, sur la cathode, d'un spot lumineux d'éclairement constant ⁽¹⁾. L'appareil permet aussi d'étudier en éclairement lentement variable un spot fixe, placé dans le plan de symétrie vertical de la cellule; la présence des deux anodes rectilignes et parallèles rend alors très facile l'utilisation d'une modulation magnétique. Le courant différentiel a une amplitude proportionnelle au flux reçu et une fréquence égale à la fréquence de modulation. L'appareil est couplé à un amplificateur alternatif à bande étroite. On peut moduler magnétiquement une cellule de type ordinaire: si elle travaille sous une centaine de volts, l'amplitude du champ nécessaire est environ 200 Oe; un champ dix fois plus faible suffit pour la photodanode.

Le champ magnétique uniforme est appliqué parallèlement à la direction des anodes rectilignes; il est pratiquement normal aux trajectoires électroniques; selon les alternances, les électrons seront captés par une anode ou par l'autre. Ce dispositif a déjà été proposé pour divers montages électroniques; il convient parfaitement à la photodanode.

2. Les figures 1 et 2 schématisent le montage; deux bobines magnétisantes sont placées aux deux extrémités de l'ampoule cylindrique qui

(*) Séance du 14 décembre 1955.

⁽¹⁾ L. DELOFFRE, E. PIERRE et J. ROIG, *Comptes rendus*, **237**, 1953, p. 1507; **238**, 1954, p. 1213; **240**, 1955, p. 59.

constitue la cellule; le verre est revêtu d'un blindage électrostatique qui peut être fractionné pour éviter les courants de Foucault et qui n'affaiblit pas le champ magnétique aux fréquences utilisées; une fenêtre permet le passage du faisceau. Un oscillateur BF alimente les bobines; elles ont quelques centaines de spires et sont parcourues par des courants dont l'amplitude est de l'ordre de $1/10^6$ d'ampère.

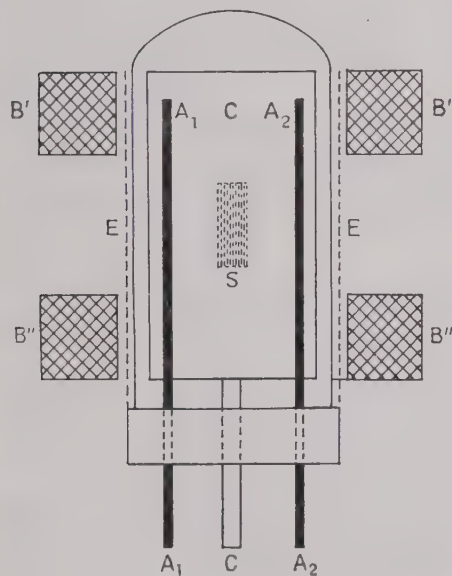


Fig. 1.

Fig. 1. — A_1 , A_2 , anodes; C, cathode; S, spot; B' , B'' , bobines; E, blindage.

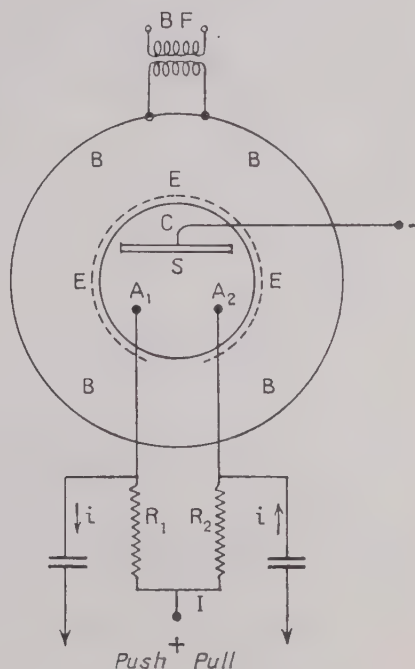


Fig. 2.

Fig. 2 — R_1 et R_2 : quelques mégohms.

Le courant d'obscurité est émis par la surface entière de la cathode, il est beaucoup moins modulé que le courant de signal émis par la partie centrale; les courants de fuite, dus à des défauts d'isolement, ne subissent pas la modulation. Nos premiers essais utilisent une fréquence de balayage voisine du kilocycle et permettent de déceler un flux de 10^{-7} lm.

3. L'amplitude du signal de sortie diminue quand la fréquence augmente, même si l'on supprime le blindage. Une partie du courant des bobines magnétisantes est dérivée par capacité entre spires, si la fréquence est trop haute. Nous avons néanmoins observé une modulation du signal jusqu'à 75 kc.

L'amplitude du signal recueilli varie également avec celle du champ: nous l'avons déterminée par des mesures statiques en mesurant, en courant

continu, le courant différentiel pour un champ donné; le flux lumineux et la tension de cellule (84 V) sont maintenus constants.

La figure 3 donne le courant différentiel i en fonction du champ H . Si H est trop grand, les électrons n'atteignent plus les anodes; il y a un optimum H_0 , au voisinage de 30 Oe.

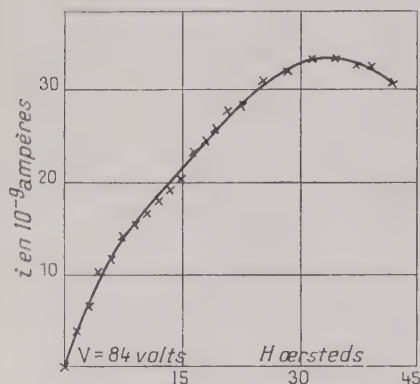


Fig. 3.

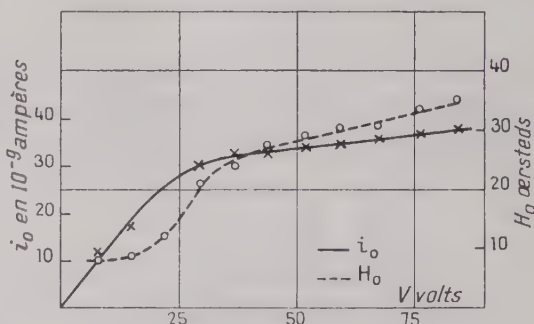


Fig. 4.

La valeur optima i_0 du courant différentiel est le $1/3$ de celle du courant total I ; la valeur théorique serait $1/2$ si le courant total était capté par une seule anode; un courant de fuite peut abaisser ce rapport.

Nous avons également mesuré comment varient les conditions optima avec la tension appliquée V , pour un flux constant. Dans la figure 4 la courbe en traits pleins donne i_0 et la courbe en tirets H_0 , en fonction de V .

RAYONS X. — *Distribution spectrale dans les régions d'absorption propre de divers cristaux.* Note (*) de M^{lle} YVETTE CAUCHOIS, transmise par M. Francis Perrin.

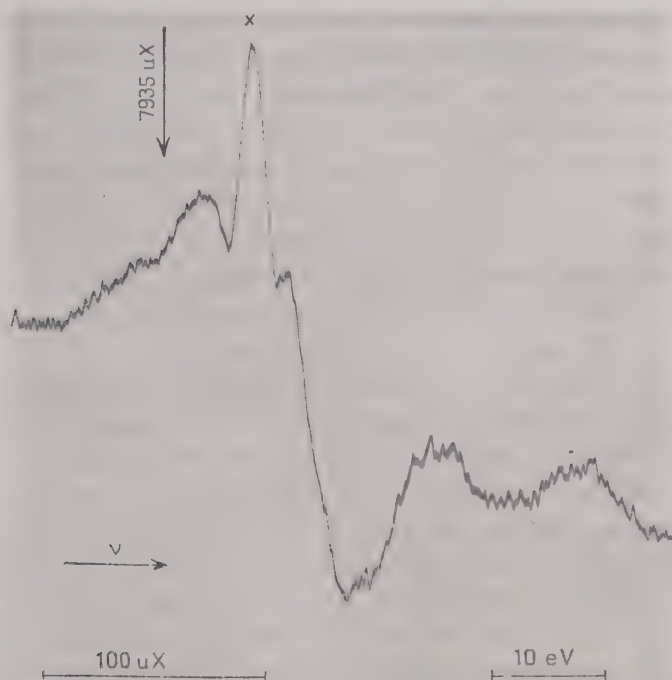
Avant que soient exposées de nouvelles recherches effectuées au Laboratoire de Chimie physique de la Faculté des Sciences de Paris, l'auteur publie des observations relatives à des perturbations de l'intensité du rayonnement X réfléchi sélectivement par un cristal dans ses régions de diffusion et dispersion « anormales ».

Tout cristal employé comme organe dispersif d'un spectromètre à rayons X manifeste dans le spectre des effets dus à sa structure. Il y a lieu de les bien connaître afin de ne pas les tenir pour des caractères propres au rayonnement incident. Parmi eux, nous avons signalé l'apparition possible, à côté de raies blanches, de raies noires susceptibles d'être confondues avec des émissions

(*) Séance du 14 décembre 1955.

discrètes (¹). D'autres raies noires produites par le cristal analyseur peuvent apparaître dans le spectre; leur origine, toute différente, semble liée aux fréquences propres des atomes qui le constituent. Ces raies, ainsi que d'autres anomalies de la distribution d'intensité, sont en effet observables au voisinage de fréquences d'absorption caractéristiques d'éléments présents dans le cristal analyseur. On se trouve alors dans l'une des régions de dispersion et de diffusion « anormales » pour une certaine sorte d'atomes du réseau. Outre un spectre d'absorption plus ou moins pur de ces atomes dans le milieu cristallin, des perturbations d'intensité beaucoup moins évidentes *a priori* se produisent dans certains cas, particulièrement dans le domaine des rayons mous, le cristal étant utilisé par réflexion.

Quoiqu'il m'ait été souvent donné de parler de ces effets et d'en montrer des présentations photographiques depuis le Congrès international de cristallographie de Stockholm en 1951, j'ai toujours différé d'en publier le rapport annoncé dans un article sur le spectre de l'aluminium métallique (²).



A l'occasion de ce travail, j'avais observé des manifestations spectaculaires de la présence d'aluminium dans le mica analyseur, mica courbé du spectrographe à focalisation employé. La figure donne l'allure du phénomène pour la

(¹) Y. CAUCHOIS et H. HULUBEI, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 181.

(²) Y. CAUCHOIS, *Acta Cryst.*, 5, 1952, p. 351.

réflexion 002 (angle de Bragg $\varphi \simeq 54^\circ$). Le rayonnement continu incident n'est filtré que par l'absorption non sélective d'une fenêtre de lithium ou beryllium mince. On a vérifié indépendamment, à l'aide d'un cristal exempt d'aluminium, du gypse par exemple, que le rayonnement incident présente bien une distribution uniforme d'intensité, sans émissions caractéristiques. On est frappé de trouver, sur le spectre réfléchi par le mica, à part des variations d'intensité qui rappellent le spectre d'absorption, un fort maximum d'intensité, α , que sous réserve de justification nous sommes tentée de désigner comme raie de diffusion anormale ou raie de résonance. L'aspect est différent pour la réflexion 001 de la même région spectrale ($\varphi \simeq 23^\circ$) où l'on observe une inversion d'intensité pour la discontinuité.

Après ces premières observations, j'avais recherché d'éventuelles anomalies d'intensité au voisinage de fréquences d'absorption d'autres atomes présents dans le mica, le gypse et le quartz. L'expérimentation est limitée sur notre montage par la nécessité de courber la lame cristalline et par le domaine d'angles de Bragg possible à explorer.

Pour le mica, dans la région de l'absorption K du silicium en réflexion (002) ($\varphi \simeq 42^\circ$), on n'observe pratiquement qu'une raie noire α sur un fond général clair apparemment homogène. Pour le quartz, taillé parallèlement à une face naturelle, la réflexion de premier ordre de la même gamme de fréquence ($\varphi \simeq 52^\circ$) montre que le silicium y produit un aspect moins simple, plus analogue à celui de la région Al 002 du mica, mais avec une raie α relativement moins forte. Par contre, une lame de gypse clivée montre des raies claires dans la région d'absorption K du soufre (2^e ordre, $\varphi \simeq 41^\circ$), tandis que les effets sont moins nets pour les trois ordres observables de la région K du calcium, où se trouve probablement une inversion de la discontinuité.

Les anomalies d'intensité que nous avons mises en évidence, différentes d'absorptions banales, semblent attribuables au comportement exceptionnel des facteurs de structure dans les régions « anormales » et leur interprétation semble exiger une théorie de la diffusion « anormale » plus complète que celles dont nous disposons. Afin de préciser ou infirmer une correspondance vraisemblable entre les structures du spectre de « réflexion sélective » et les structures du spectre d'absorption, j'avais tenté une comparaison entre un spectre tel que celui de la figure et un spectre d'absorption d'une lamelle du même mica donné par un gypse; les résultats ne furent pas assez concluants à cause de l'insuffisance du pouvoir de résolution dans ce cas. Cependant, l'existence de raies noires α plus intenses que le spectre continu voisin donnerait à croire qu'il existe pour certaines fréquences propres du spectre d'absorption d'atomes dans le cristal, des valeurs élevées des facteurs de diffusion dont les approximations usuelles qui excluent les fréquences propres ne rendraient pas compte. S'il en était ainsi, les faits observés auraient un intérêt plus général que celui qu'ils offrent en spectroscopie X expérimentale.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Période du niveau de 122 keV du ^{134}Cs . Note (*) de MM. HAMLET VARTAPÉTIAN, LOUIS DICK, ROGER FOUCHER et NILS PERRIN, transmise par M. Frédéric Joliot.*

La période du niveau de 122 keV du ^{134}Cs a été mesurée par la méthode des coïncidences retardées. Sa valeur est de $(4 \pm 0,3) \cdot 10^{-9}$ s. Cette transition s'interprète comme étant du type M_1 interdite avec $\Delta l = 2$, avec un niveau $g_{7/2}$.

Le ^{134}Ba de période 12 jours donne par capture électronique le ^{134}Cs . Divers auteurs ⁽¹⁾ ont proposé des schémas de désintégration très différents des niveaux du ^{134}Cs . Nous avons effectué une première étude de spectroscopie γ en coïncidence : la source de ^{134}Ba utilisée a été obtenue par irradiation à la pile du ^{130}Ba , elle a été purifiée par MM. Lederer et Bouissières. Elle contient une faible proportion de ^{133}Ba .

Cette étude confirme que le niveau de 615 keV se désexcite entre autre, par l'émission de deux rayonnements γ successifs de 495 keV et 122 keV [comme l'ont montré D. C. Lu et al. ⁽¹⁾ par une autre méthode] et semble indiquer que les autres cascades de désintégration aboutissent au niveau de 122 keV, exception faite du rayonnement de 615 keV qui atteint l'état fondamental du ^{134}Cs .

Les mesures effectuées jusqu'ici sur le rayonnement γ de 122 keV donnent un rapport $K/L = 6,0 \pm 0,5$ ⁽²⁾ et un coefficient de conversion interne $e\gamma = 0,6$ ⁽¹⁾.

La comparaison de ces valeurs avec celles obtenues à partir des tables de M. E. Rose ⁽³⁾ indiquerait une transition M_1 avec une certaine proportion de E_2 . Les valeurs déduites des tables de Rose donnent en effet pour un rayonnement M_1 : $K/L = 7,6$ et $e\gamma = 0,56$.

Nous avons mesuré la période du niveau de 122 keV par la méthode des coïncidences retardées, à l'aide d'un appareillage utilisant les cristaux INa(Tl) ⁽⁴⁾. On effectue la coïncidence entre les rayonnements γ d'énergie 495 et 122 keV (*figure*).

La courbe de résolution de l'appareil est obtenue en effectuant la coïncidence des rayonnements γ de 510 et 122 keV (Compton) d'annihilation du ^{22}Na .

Nous obtenons pour la période la valeur

$$T_{\frac{1}{2}} = (4 \pm 0,3) \cdot 10^{-9} \text{ s.}$$

(*) Séance du 14 décembre 1955.

⁽¹⁾ Voir références : D. C. Lu et al., *Phys. Rev.*, **97**, 1955, p. 139.

⁽²⁾ M. W. ELLIOT et al., *Phys. Rev.*, **88**, 1952, p. 263.

⁽³⁾ *β . and γ Ray Spectroscopy*, K. Siegbahn, Amsterdam, 1955, chap. XIV.

⁽⁴⁾ L. DICK, R. FOUCHER, N. PERRIN et H. VARTAPÉTIAN. *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 1335.

A partir de cette valeur de $T_{1/2}$ nous pouvons calculer la vie moyenne du rayonnement γ de 122 keV par la formule

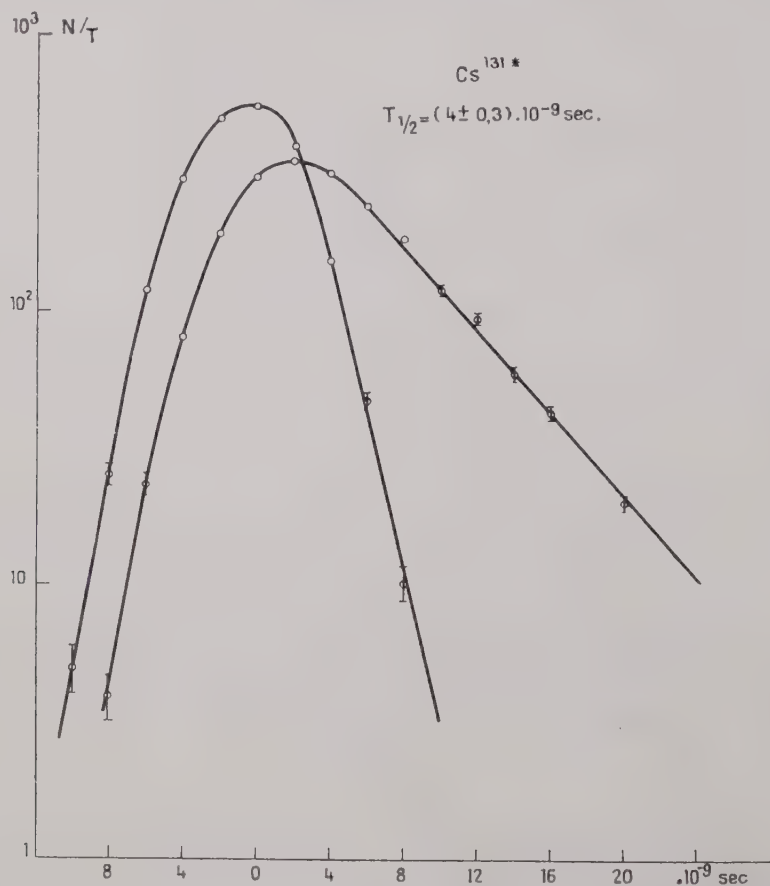
$$\tau_{\gamma} = \frac{1+\alpha}{0,693} T_{1/2},$$

α , coefficient de conversion interne.

En prenant pour α la valeur déduite des tables de Rose pour une transition M_1 on trouve

$$\tau_{\gamma} = 9 \cdot 10^{-9} \text{ s.}$$

L'application de la formule de V. Weisskopf⁽⁵⁾ pour une transition M_1 permise ($\Delta l = 0$) sans tenir compte du facteur statistique, donnerait pour un rayonnement de 122 keV une vie moyenne 450 fois plus courte.



Coincidence retardées entre les rayonnements γ de 122 et 495 keV du ^{131}Cs . Temps de résolution du circuit de coïncidence $2\tau_0 = 7,4 \cdot 10^{-9} \text{ s.}$

(5) *Phys. Rev.*, **83**, 1951, p. 1073.

La valeur du $\log \tau_7$ portée sur les courbes semi-empiriques de R. L. Graham et R. E. Bell ⁽⁶⁾ se place bien sur la courbe relative aux transitions M_1 interdites dans les noyaux à Z impair (cas du ^{133}Cs en particulier, où la période du premier niveau de 81 keV est de $6 \cdot 10^{-9}$ s).

La transition de 122 keV se comporte donc essentiellement comme une transition M_1 interdite, elle implique un changement $\Delta l = 2$ du moment orbital du nucléon impair.

Le niveau fondamental du ^{131}Cs est noté ⁽⁷⁾, ⁽⁸⁾ comme étant $d_{5/2}$. Le niveau de 122 keV est donc compatible avec un $g_{7/2}$.

Des mesures plus précises du rapport K/L et du coefficient de conversion interne α seraient nécessaires pour évaluer la proportion de E_2 dans cette transition.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Relation expérimentale entre le parcours et l'énergie d'ions azote dans les émulsions nucléaires, pour les énergies comprises entre 10 et 100 MeV.* Note (*) de M. ROBERT CHAMINADE, M^{lle} MONIQUE CRUT, M^{mes} HENRIETTE FARAGGI, ARLETTE GARIN-BONNET, JEANINE OLKOWSKY et M. ANDRÉ PAPINEAU, transmise par M. Frédéric Joliot.

Les énergies des ions sont définies par le rayon de courbure de leur trajectoire dans le champ magnétique du cyclotron et les parcours mesurés dans des émulsions nucléaires Ilford C₂.

La connaissance des relations parcours-énergie pour les particules chargées est d'une très grande importance pratique pour l'interprétation de nombreux phénomènes. Lorsqu'il s'agit d'ions pouvant changer d'états de charge, les calculs théoriques basés sur les formules de Bethe-Bloch, tenant compte seulement de la perte d'énergie par ionisation, ne sont pas directement applicables, les phénomènes de perte et capture d'électrons se manifestant dans des domaines d'énergie très étendus. Des formules de correction ont été proposées, notamment par W. H. Barkas ⁽¹⁾ et J. P. Longchamp ⁽²⁾, pour permettre de déduire des relations parcours-énergie connues pour les α et les protons, celles des ions de Z plus élevés tels que B, Li, C. Par ailleurs quelques déterminations expérimentales dans les émulsions nucléaires ont été faites par Barkas pour le bore et le lithium, par Miller ⁽³⁾ pour le carbone, et par Reynolds et

⁽⁶⁾ *Can. J. Phys.*, **31**, 1953, p. 377.

⁽⁷⁾ R. CANADA et A. MITCHELL, *Phys. Rev.*, **83**, 1951, p. 76.

⁽⁸⁾ E. H. BELLAMY et K. F. SMITH, *Phil. Mag.*, **44**, 1953, p. 33.

(*) Séance du 19 décembre 1955.

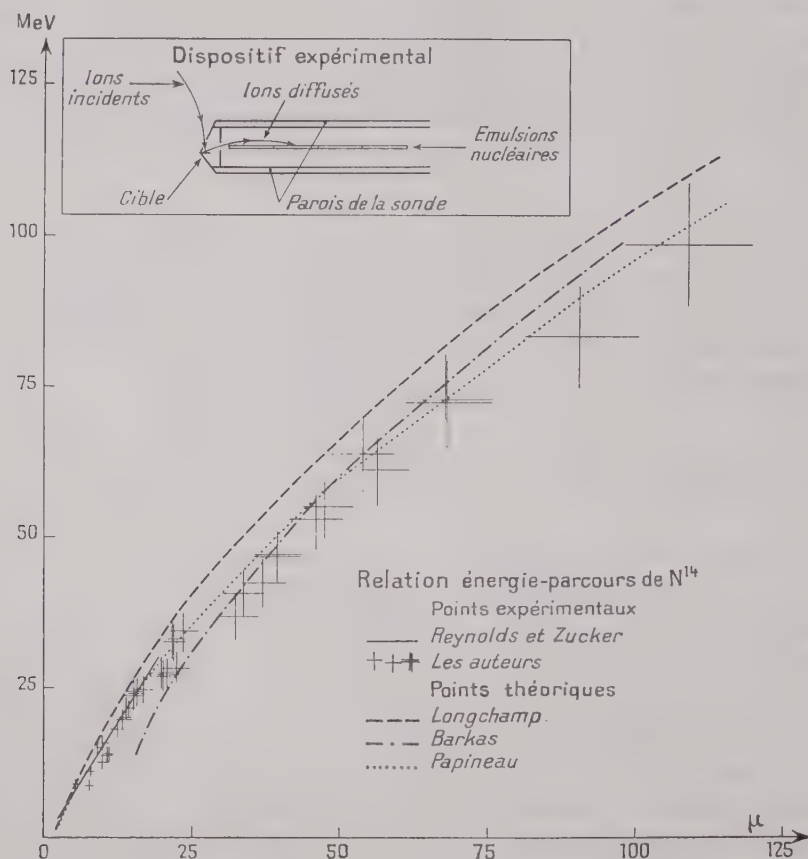
⁽¹⁾ *Phys. Rev.*, **89**, 1953, p. 1019.

⁽²⁾ *J. Phys. Rad.*, **14**, 1953, p. 89.

⁽³⁾ J. F. MILLER, *Thèse* (U. C. R. L., 1952).

Zucker ⁽¹⁾ pour l'azote entre 5 et 30 MeV. En outre, Reynolds et Zucker ⁽²⁾ ont établi la relation parcours-énergie dans le nickel pour les ions azote entre 5 et 30 MeV.

Nous avons utilisé le faisceau intérieur d'ions azote fourni par le cyclotron de Saclay ⁽³⁾ pour établir la relation parcours-énergie des ions azote entre 10 et 100 MeV. Dans une sonde de 50 mm de diamètre (*fig. 1*) introduite entre



les dees à 55 cm du centre, se trouve une cible épaisse de plomb, de surface 20 mm². Les ions diffusés vers l'arrière (ainsi que les particules chargées dues aux transmutations provoquées dans le plomb) sont courbés par le champ magnétique du cyclotron, à l'intérieur de la sonde; ils traversent une fente de 2 x 20 mm et viennent frapper une série d'émulsions nucléaires (Ilford C₂,

⁽¹⁾ H. L. REYNOLDS et A. ZUCKER, *Phys. Rev.*, **96**, 1954, p. 393.

⁽²⁾ H. L. REYNOLDS, D. W. SCOTT et A. ZUCKER, *Phys. Rev.*, **95**, 1954, p. 671.

⁽³⁾ P. DEBRAINE et A. BARIAUD, *Onde électrique*, **35**, novembre 1955, p. 1048-1052.

100 et 200 μ) placées dans le plan médian de la sonde. On réalise ainsi une analyse magnétique très grossière des particules sortant de la cible.

Chaque point de l'émulsion définit alors, avec la fente et la cible, un cercle dont le rayon de courbure ρ varie le long de l'axe de la sonde. Pour une valeur donnée de ρ , H étant le champ magnétique du cyclotron, on recevra dans l'émulsion tous les ions ayant une même valeur de la quantité $Mv/Ze = H\rho$, M étant la masse de l'ion, v sa vitesse et Ze son état de charge réel à la sortie de la cible.

D'un point à l'autre de la plaque, pour un même ion, dans le même état de charge, l'énergie variera proportionnellement à ρ^2 .

Les émulsions ont été dépouillées pour onze valeurs différentes du rayon de courbure ρ . Pour chaque ρ , on trace le spectre de distribution en longueur des trajectoires observées : on observe un certain nombre de groupes correspondant, d'une part, aux ions diffusés dans tous les états de charge possibles, d'autre part aux protons, deutons, tritons et particules α dus aux transmutations dans la cible. Par suite des mauvaises conditions géométriques, la dispersion des rayons de courbure est assez grande, et les groupes sont larges. Nous avons tout d'abord vérifié, à l'aide des groupes correspondant aux tritons, deutons et α , pour lesquels les relations parcours-énergie sont suffisamment bien établies, que les énergies en un point donné correspondaient bien à une même valeur de $H\rho$, qu'elles variaient proportionnellement à ρ^2 et que la valeur que l'on peut en déduire pour H est en bon accord avec les valeurs mesurées par ailleurs.

Nous étions alors en mesure de calculer, à 10 % près, l'énergie des ions azote diffusés, pour chaque valeur de leur état de charge, et pour chaque rayon de courbure. L'attribution de l'état de charge correct à chaque groupe d'ions azote observé se faisait en fonction de ces données. On obtient ainsi, pour chaque rayon de courbure, plusieurs points de la relation parcours-énergie et des recoupements sont possibles entre les spectres obtenus pour des rayons de courbure différents. L'accumulation des données compense ainsi, dans une certaine mesure, le manque de précision de chacune d'elles. L'erreur sur chaque parcours est de l'ordre de 10 %.

Les résultats obtenus sont donnés dans la figure 2. Pour les énergies inférieures à 30 MeV, la concordance avec les points expérimentaux plus précis de Reynolds et al. est satisfaisante. La précision globale de la courbe n'est pas supérieure à 15 %.

A titre de comparaison, nous avons fait figurer la courbe calculée par J. P. Longchamp ⁽²⁾. On peut voir que les parcours mesurés sont généralement plus longs que les parcours calculés; ceci indique que les ions doivent atteindre des vitesses supérieures à celles qui sont généralement admises pour être complètement dépouillés de leurs électrons. Nous figurerons aussi une

courbe calculée par l'un de nous ⁽⁷⁾ qui tient compte de ce fait et qui est basée en partie sur la détermination expérimentale des états de charge effectuée par Zucker et al. ⁽⁸⁾. Nous exposerons par ailleurs le détail de ce calcul. La formule empirique de Barkas ⁽¹⁾ qui est reproduite sur la figure est en bonne approximation, par excès en dessous de 50 MeV et par défaut entre 50 et 100 MeV.

PHYSIQUE NUCLEAIRE. — *Étude en coïncidences du spectre de freinage interne accompagnant la capture K du ^{134}Cs . Note ^(*) de M. ARON MICHALOWICZ, transmise par M. Frédéric Joliot.*

L'intensité du rayonnement de freinage interne accompagnant la transition par capture électronique a été trouvée supérieure à celle prévue par la théorie de Morrisson et Schiff ⁽¹⁾, théorie ne faisant intervenir que la capture K et négligeant les effets coulombiens. Pour le ^{55}Fe ⁽²⁾, j'avais trouvé un excès de 30 % de photons (pour les énergies supérieures à 50 keV), valeur encore compatible avec la théorie, aux erreurs expérimentales près. Pour le ^{134}Cs , dans un travail non publié, j'ai trouvé un spectre ayant son maximum déplacé vers les basses énergies et une intensité de rayonnement 2,5 fois plus grande que celle prévue (mesurée pour les énergies plus grandes que 60 keV). Des résultats analogues ont été publiés par B. Saraf ⁽³⁾. Un travail récent de R. J. Glauber et P. Martin ⁽⁴⁾, tenant compte des effets coulombiens et de la capture L, donne une interprétation de l'augmentation de l'intensité du rayonnement aux basses énergies. D'après ce travail, le spectre de rayonnement de freinage lié à la capture K suivie d'émission de la raie K, doit avoir la forme et l'intensité prévues par Morrisson et Schiff; l'excès de photons étant dû soit à la capture d'électrons $2s$ et $2p$, soit surtout à la capture d'un électron $1s$ suivie d'une transition radiative à partir d'un état p supérieur.

La spectrométrie simple étant incapable de vérifier ces hypothèses, une expérience de spectrométrie en coïncidences était nécessaire pour étudier le rayonnement correspondant uniquement à l'émission de photons K. Pour être valable, une telle expérience doit avoir les caractéristiques suivantes :

a. Temps de résolution du système faible, de l'ordre de 10^{-8} s, pour pouvoir discerner convenablement les coïncidences vraies des coïncidences fortuites, la

⁽⁷⁾ A. PAPINEAU (à paraître).

^(*) Séance du 19 décembre 1955.

⁽¹⁾ *Phys. Rev.*, 58, 1940, p. 24.

⁽²⁾ MICHALOWICZ, *J. Phys. Rad.*, 14, mars 1953, p. 214.

⁽³⁾ *Phys. Rev.*, 94, 1954, p. 642.

⁽⁴⁾ *Phys. Rev.*, 95, 1954, p. 572; *J. Phys. Rad.*, 16, juil. 1955, p. 573.

probabilité de capture radiative étant de l'ordre de 10^{-4} . Dans les conditions expérimentales utilisées nous pouvions espérer un rapport $N_c/N_f \simeq 5$.

b. Le rendement en coïncidence de la raie X_k de 30 keV avec le rayonnement continu (jusqu'à 300 keV) doit être constant.

Au Laboratoire, MM. L. Dick, R. Foucher, N. Perrin et H. Vartapétian, pour leur travail de spectrométrie avaient construit et mis au point un appareillage de coïncidences-discrimination d'énergie du type lent-rapide⁽⁵⁾ satisfaisant aux conditions requises pour cette expérience. Sur leurs indications, j'ai construit un appareillage analogue. La figure 1 donne le schéma de l'installation utilisée pour la spectrométrie en coïncidences. Le compteur I détecte le rayonnement X_k et le rayonnement continu de freinage ($I_f/I_r \simeq 10^{-4}$). Dans le compteur II, le rayonnement X est absorbé par 1 mm de nickel. Dans ces conditions, l'analyseur d'énergie pouvait être débloqué soit directement par les impulsions de coïncidences rapides, soit par les impulsions du système rapide en coïncidence avec la raie sélectionnée dans la voie II; les résultats obtenus par les deux méthodes sont identiques, aux erreurs expérimentales près.

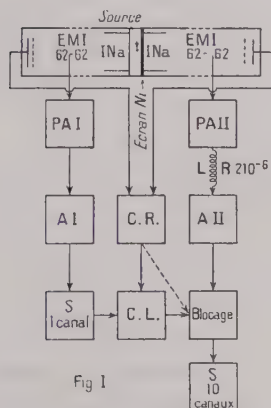


Fig. 1

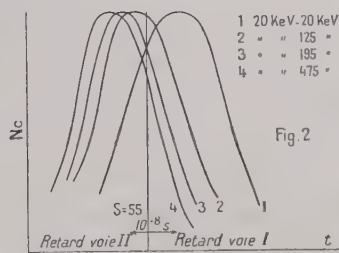


Fig. 2

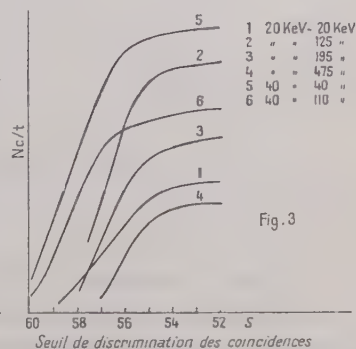


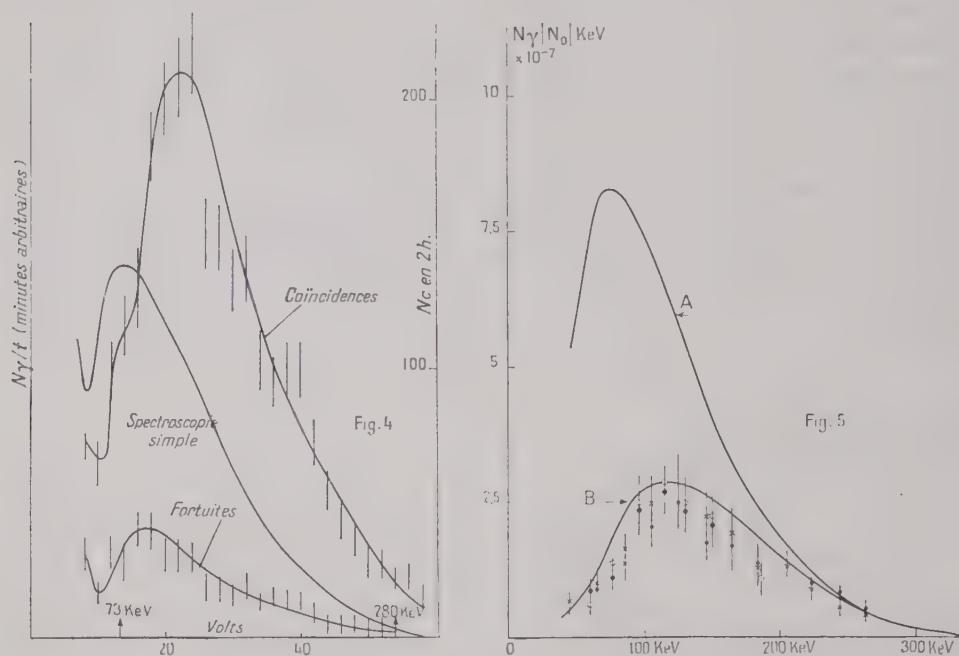
Fig. 3

J'ai mesuré le temps de résolution, le déplacement du maximum des coïncidences (fig. 2), et le rendement, en fonction du seuil de discrimination des coïncidences rapides (fig. 3) en étudiant les coïncidences 20 KeV — 20, 125, 195, 475 keV (^{102}Rh) et 40 keV — 40, 100, 120 (^{153}Gd et $^{152,154}\text{Eu}$). Pour le temps de résolution utilisé, de l'ordre de $2 \cdot 10^{-8}$, et en choisissant un retard convenable variable avec l'énergie, le rendement est supérieur à 90 % (plateaux des courbes de la figure 3). Le spectre des fortuites a été d'autre part mesuré pour chaque expérience en utilisant deux sources identiques, les compteurs

(5) *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1335.

étant séparés, et son intensité trouvée de l'ordre de grandeur attendue (fig. 4).

Les résultats obtenus sont résumés dans la figure 5; A, spectre expérimental en spectroscopie simple; B, spectre calculé d'après la théorie de Morrisson et Schiff, pour une énergie maxima de 320 KeV, compte tenu de différentes corrections (absorptions, échappement, effet Compton, angle solide vrai



variable avec l'énergie); ces deux spectres sont donnés à 10 % près. Les points avec barres d'erreur sont ceux obtenus en coïncidences (fortuites déduites), pour quatre séries d'expériences. Toutes les valeurs sont normalisées; A et B, nombre d'impulsions par minute, par KeV et par désintégration; N_c par minute, par KeV et par désintégrations $1/\rho_x$.

Ces résultats semblent confirmer que la théorie de Morrisson et Schiff est valable si l'on ne considère que le rayonnement de freinage accompagnant la capture K suivie d'une émission de rayons X caractéristiques, et sont compatibles avec l'interprétation donnée par Glauber et Martin.

La source de ^{131}Cs a été préparée au service de chimie du laboratoire, par M^{me} Puchet, sous la direction de MM. Bouissières et Lederer.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la dépolarisation dans les cellules électrochimiques au bioxyde de manganèse.* Note de MM. **JEAN BRENET**, **PIERRE MALESSAN** et **ALFRED GRUND**, présentée par M. Louis de Broglie.

La présence de carbone n'influe pas l'évolution de MnO_2 lors d'une décharge. Même si celle-ci est assez importante, avec réduction partielle de Mn^{4+} à Mn^{2+} , on observe seulement une dilatation de la maille et ce phénomène semble plutôt propre à la variété Mn_2O γ .

Pour tenter de préciser des résultats antérieurs ⁽¹⁾, ⁽²⁾ nous avons repris de nouvelles expériences sur l'évolution de MnO_2 au cours de décharges de cellules électrochimiques en électrolyte liquide constitué par une solution saturée de NH_4Cl . Nous avons voulu avant tout examiner une influence éventuelle du carbone sur cette évolution et nos cathodes ont été constituées sans carbone. Les décharges ont été évidemment affectées par le manque de conductibilité électronique des cathodes, mais en adoptant un processus de décharge assez lent, nous avons pu atteindre des quantités d'électricité allant jusqu'à 350 Cb par gramme de bioxyde. Les résultats suivants ont ainsi pu être obtenus dans la limite des quantités d'électricité produites :

a. Dans le cas de la variété MnO_2 γ le diagramme obtenu aux rayons X montre que le réseau cristallin n'a pas été affecté. On observe seulement une diminution nette des diamètres des anneaux ce qui correspond donc à une dilatation de la maille élémentaire.

b. L'analyse chimique nous a montré cependant qu'il y avait déjà une réduction partielle d'ions Mn^{4+} en ions Mn^{2+} . Ceci nous prouve que le réseau initial du bioxyde présente une certaine stabilité malgré cette réduction chimique, nettement sensible, d'une partie des ions Mn^{4+} initiaux.

c. La proportion de Mn^{4+} réduite à l'état de Mn^{2+} nous a permis de déterminer la quantité d'électricité qui devrait correspondre à cette réduction. Dans la limite des erreurs attendues et de divers ordres (10 à 15 % près), l'accord entre les quantités d'électricité ainsi calculées et obtenues expérimentalement paraît satisfaisant.

d. Nous avons également réalisé dans les mêmes conditions, des décharges sur des cellules constituées à partir d'autres bioxydes actifs comportant simultanément les variétés MnO_2 α (cryptomélane), MnO_2 β (pyrolusite) et MnO_2 γ . Nous avons obtenu des résultats analogues aux précédents mais les diagrammes

⁽¹⁾ J. BRENET et A. M. MOUSSARD, *Symposium React. État Solide*, 1952, Ed. Goeteborg, II, 1954, p. 593-600.

⁽²⁾ J. BRENET, A. GRUND et A. M. MOUSSARD, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 695.

de poudres ont montré que le phénomène de dilatation de la maille élémentaire ne portait que sur la variété $\text{MnO}_2\gamma$.

c. Ceci nous a permis d'ailleurs de confirmer que dans ce genre de bioxydes actifs nous étions bien en présence des trois variétés α , β et γ simultanément, et, en outre, ces expériences nous apportent des éléments intéressants relatifs à la détermination du type réel de structure cristalline de $\text{MnO}_2\gamma$.

Ces résultats nous montrent donc que le carbone est sans influence sur l'évolution de MnO_2 au cours de la décharge. Il ne semble pas intervenir dans le processus élémentaire de dépolarisation. La dilatation du réseau initial peut être interprétée simplement à partir de l'accroissement des rayons ioniques en passant de Mn^{4+} à Mn^{2+} . Enfin, nous pouvons concevoir que le comportement des variétés α et β soit différent de celui de $\text{MnO}_2\gamma$ au cours de décharges. En particulier ces variétés peuvent ne pas jouer un rôle important au début de la décharge surtout si la variété γ prédomine nettement. Par ailleurs, d'après des résultats expérimentaux qui feront l'objet d'une prochaine publication, nous sommes amenés à concevoir dans le processus de dépolarisation, plusieurs phases possibles. La première phase serait un processus de chimisorption, et la seconde un processus équivalent à une entrée de protons dans le réseau. Or de tels processus permettent précisément de saisir pourquoi certains bioxydes possèdent une activité moindre et pourquoi l'évolution de leur structure peut être différente. En effet, à la lumière de ces conceptions nous pouvons interpréter les phénomènes observés dans cette première étude, tout spécialement en ce qui concerne la variété $\text{MnO}_2\gamma$. Cette dernière doit en effet posséder, en raison d'une forte acidité protonique⁽³⁾, un pouvoir de chimisorption élevé et doit présenter une grande accessibilité de son réseau en raison de sa non-stoechiométrie. Quant à la variété α , ses possibilités de chimisorption sont très certainement assez considérables, comme pour $\text{MnO}_2\gamma$. Par contre la stabilité de son réseau lors d'une réduction de Mn^{4+} vers Mn^{2+} n'est pas suffisante pour permettre une dilatation du réseau en raison de la taille plus élevée des cristallites. Dès lors la durée de la seconde phase du processus de dépolarisation envisagée précédemment est fortement écourtée.

Enfin, en ce qui concerne $\text{MnO}_2\beta$, sa structure très dense, sa composition pratiquement stoechiométrique et la grande taille des cristallites éliminent à la fois un pouvoir de chimisorption important et limitent l'accessibilité du réseau. Par suite la dépolarisation par $\text{MnO}_2\beta$ ne peut être que très lente et nécessite la mise en jeu de mécanismes plus complexes. D'ailleurs les premiers résultats expérimentaux⁽¹⁾ nous ont montré effectivement une évolution particulière de $\text{MnO}_2\beta$ au cours de la décharge.

(3) J. BRENET et A. GRUND, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1210.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Réactions en émulsion.*

Note (*) de M. **ANDRÉ VIALARD**, transmise par M. Frédéric Joliot.

Les auteurs qui ont étudié des réactions entre liquides « immiscibles » ont généralement conclu à une réaction de surface à la frontière des deux phases. L'hypothèse d'un tel mécanisme semble avoir été énoncée pour la première fois par Treub ⁽¹⁾ à propos de l'étude de la saponification des triglycérides. Il semble cependant qu'une telle « réaction de surface » n'ait jamais été mise clairement en évidence. En général, les auteurs se contentent de noter un accord qualitatif entre les phénomènes globaux observés et les conséquences d'une telle hypothèse.

Si l'on écarte les expériences manifestement trop imprécises, ou portant sur des corps mal définis, les seules mesures faites avec des intentions d'étude systématique s'attachant à un cas simple, sont celles de King et Mukerjee ⁽²⁾ sur l'hydrolyse de l'acétate d'amylo par les solutions diluées de soude. Ces auteurs concluent à la validité de l'hypothèse de Treub et trouvent qu'une telle réaction, favorisée par une bonne agitation, l'est plus encore par l'emploi d'agents émulsifiants comme l'oléate de sodium. Malheureusement, la méthode d'interprétation des résultats expérimentaux qu'ils utilisent est très discutable. Cette méthode, en effet, consiste à évaluer les temps nécessaires pour atteindre un certain degré d'avancement de la réaction. Il en résulte des erreurs graves par suite de l'incertitude notable dans la définition de l'instant initial.

Il nous a donc paru intéressant de reprendre les mesures effectuées par King et Mukerjee. L'hétérogénéité du milieu est une cause importante d'erreurs expérimentales dans l'étude d'une telle réaction. Nous nous sommes appliqués à les réduire en maintenant durant toute la durée des expériences, une agitation extrêmement violente à l'aide d'un émulseur efficace spécialement conçu pour ce but.

L'évaluation de la vitesse vraie à partir des résultats obtenus nous a permis de conclure que, dans de telles conditions, et dans le domaine de température étudié :

a. La vitesse de réaction dans une émulsion acétate d'amylo/soude diluée est du premier ordre en fonction du titre de la soude.

b. Avec une agitation suffisamment efficace, toute tentative d'accroissement de la vitesse de réaction par un accroissement de l'aire interfaciale (agitation plus énergique, emploi d'émulsifiants comme l'oléate de sodium,

(*) Séance du 19 décembre 1955.

(1) *J. Chim. Phys.*, 16, 1918, p. 107.

(2) *J. Soc. Chem. Ind.*, 57, 1938, p. 431.

accroissement du volume de la phase ester) est vaine. La réaction reste du premier ordre et la constante de vitesse conserve sa valeur.

Ces résultats en désaccord avec l'hypothèse de Treub, comme avec les conclusions de King et Mukerjee nous ont suggéré d'appliquer aux résultats expérimentaux de ces derniers la méthode précise de détermination des vitesses de Broche et Gibert ⁽³⁾ utilisée d'ailleurs avec nos propres expériences. On aboutit alors à des conclusions semblables aux nôtres. (La réaction est d'ordre 1 [aux erreurs d'expérience près, l'oléate de sodium et l'oléate de triéthanolamine sont sans effet.]

En conclusion, si l'hypothèse de Treub permet d'expliquer qualitativement les phénomènes observés dans de nombreux cas, il semble qu'elle ne soit pas généralisable à tous les esters comme l'ont fait certains auteurs.

Dans le cas de l'acétate d'amyle, nous admettons que, en dépit de la faible solubilité de l'ester, la réaction se fait essentiellement en phase aqueuse. La réaction de surface, si elle existe est négligeable. La vitesse de disparition de la soude résulte de la composition de deux vitesses :

- a. la vitesse de dissolution;
- b. la vitesse de réaction en phase homogène.

La plus petite des deux limite la vitesse du phénomène global, et seule la première dépend de l'aire interfaciale.

Dans les conditions de nos expériences, la vitesse de dissolution est grande devant la vitesse de réaction, d'où une réaction d'ordre 1, la phase aqueuse restant constamment saturée en ester.

Des mesures en cours ont pour but de rechercher une confirmation de ces premiers résultats, et la possibilité de les étendre à d'autres esters moins solubles.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Analyse du comportement acido-basique de la gélatine*. Note de MM. JEAN SALVINIEN et SERGE COMBET, présentée par M. Jacques Duclaux.

Pour étudier les interactions entre la gélatine et des électrolytes simples ⁽¹⁾, il est nécessaire de connaître le comportement acido-basique de la protéine. Le problème se ramène à la détermination du nombre n_{ii} de protons combinables (ou séparables) pour 1 g de gélatine iso-ionique en fonction du pH.

Une solution acidifiée de gélatine en milieu de force ionique 0,5 est titrée par addition de potasse, à une température de 25°C. Le pH est mesuré au moyen d'un montage à électrode de verre et potentiomètre à lampe électromètre.

⁽³⁾ *Bull. Soc. Chim.*, 1955, p. 131.

⁽¹⁾ S. COMBET et F. HAMDIKEN, *J. Chim. Phys.*, 51, 1954, p. 18.

La valeur maximale moyenne de n_{H+} ressortant de plusieurs titrages est $95 \cdot 10^{-5}$ ion-g/g. Il est commode de considérer h , nombre de protons séparés à partir de 1 g de gélatine prise à son maximum de combinaison avec les protons et défini par conséquent par

$$h = 95 \cdot 10^{-5} - n_{H+}.$$

L'électrode de verre utilisée ne permet pas d'arriver aux pH élevés où h atteint son maximum. Le tableau I donne la variation de h avec le pH.

TABLEAU I.

pH.....	2,00	2,20	2,40	3,00	3,50	4,00	5,00	6,00
$h \cdot 10^5$	0	0,8	2,0	10,0	23,5	46,6	95,0	110,4
pH.....	6,50	7,00	7,50	8,00	9,00	10,00	10,80	
$h \cdot 10^5$	113,4	115,1	116,4	117,7	122	138,6	152,3	

Ces données peuvent être interprétées par la dissociation successive des divers types de groupes homogènes qui se trouvent sur la molécule de protéine. On utilise la théorie de la dissociation d'un acide polyvalent ⁽²⁾, ⁽³⁾ qui donne les relations suivantes :

$$(2) \quad h_i = \frac{m_i K_i}{K_i + [H^+]},$$

$$(3) \quad K_i = K_i^0 e^{2i\omega z},$$

$$(4) \quad h = \sum_{i=1}^n h_i,$$

où K_i et K_i^0 sont respectivement les constantes de dissociation actuelle et intrinsèque des m_i groupes de la classe i ;

h_i est le nombre de protons séparés dans cette classe;

z est la charge portée par l'unité de concentration de protéine;

ω est un terme de correction électrostatique, non calculable théoriquement dans le cas de la gélatine et ne dépendant pas de la nature des groupes.

Il n'est pas nécessaire de connaître m pour les diverses classes de groupes. Il suffit de connaître une valeur approchée du nombre de carboxyles par gramme de protéine (m_1) pour déterminer une valeur expérimentale approchée de ω grâce à une relation entre ces deux grandeurs et la pente de la courbe de titrage pour $h = (m_1/2)$ ⁽⁴⁾. Si l'on suppose que jusqu'à pH 5,0 les groupes carboxyles sont seuls à se dissocier, on peut leur appliquer les équations (2) et (3) sous la forme

$$(5) \quad h [H^+] e^{-2i\omega z} = K_i^0 (m_1 - h),$$

(2) R. K. CANNAN, *Chem. Rev.*, 30, 1942, p. 395.

(3) G. SCATCHARD, *Ann. N. Y. Acad. Sc.*, 51, 1949, p. 650.

(4) K. LINDERSTRÖM-LANG, *C. R. Trav. Lab. Carlsberg*, 15, 1923-1925, n° 7.

En portant le premier membre de l'équation (5) en fonction de h , on obtient une droite dont les paramètres fournissent m_1 et K_1^0 . Si la correction électrostatique est incorrecte, la courbe obtenue n'est pas une droite mais son abscisse à l'origine donne bien m_1 qui permet un calcul exact de ω . On continue ensuite de dépouiller les données des titrages par la même méthode en utilisant l'équation (4).

Dans le tableau II sont rassemblées les valeurs des constantes ainsi déterminées pour chaque classe de groupes. Ces constantes et les équations (2), (3) et (4) permettent de reconstruire la courbe de titrage avec une déviation moyenne inférieure à $0,5 \cdot 10^{-5}$ ion-g/g. L'attribution de chaque paire de constantes à un type de groupe donné a été aussi confirmée par étude des enthalpies d'ionisation entre 25 et 35°C⁽⁵⁾. Bien que la théorie de la dissociation d'un polyacide que nous avons utilisée ait été établie pour une molécule à symétrie sphérique, il apparaît qu'elle convient bien à la gélatine, protéine linéaire.

TABLEAU II.

Groupes carboxyle.....	$m_1 = 113 \cdot 10^{-5}$	$pK_1^0 = 4,28$
Groupes imidazole.....	$m_2 = 4,5 \cdot 10^{-5}$	$pK_2^0 = 6,90$
Groupes -amino.....	$m_3 = 39 \cdot 10^{-5}$	$pK_3^0 = 9,82$

Un article détaillé sur l'ensemble de cette question paraîtra ultérieurement.

THERMODYNAMIQUE CHIMIQUE. — *Détermination expérimentale, par une méthode d'équilibre chimique, de l'ordre de la transformation $\beta_1'\beta'$ des laitons.*

Note (*) de M. DANIEL BALESDENT, transmise par M. Frédéric Joliot.

Les transformations de surstructure des alliages ont été considérées, pendant longtemps, comme étant du deuxième ordre. Or, on a pu montrer récemment que, dans quelques cas, ces transformations étaient en réalité du premier ordre : Cu₃Au⁽¹⁾, CoPt⁽²⁾, CuPt⁽³⁾, ce qui donnait à penser que certaines étaient du premier ordre, d'autres du second.

Le type des transformations du deuxième ordre étant la transformation $\beta_1'\beta'$ des laitons, il nous a paru intéressant de l'examiner, par une méthode

(5) J. WYMAN, *J. Biol. Chem.*, **127**, 1939, p. 1.

(*) Séance du 19 décembre 1955.

(1) F. N. RHINES et J. B. NEWKIRK, *Trans. Amer. Soc. Metal*, **45**, 1953, p. 1029-1055.

(2) J. B. NEWKIRK, R. SMOLUCHOWSKI, A. H. GEISLER et D. L. MARTIN, *J. Appl. Phys.*, **22**, 1951, p. 290-298.

(3) P. ASSAYAG et M. DODÉ, *Comptes rendus*, **239**, 1954, p. 7620; P. ASSAYAG, *Ann. Chim.*, **10**, 1955, p. 637-665.

d'équilibre chimique, afin de tenter de trancher la question par une méthode particulièrement sûre.

Une transformation du premier ordre se caractérise en effet par la coexistence à certaines températures de deux phases en équilibre, alors qu'une transformation du deuxième ordre s'opère en phase unique. Nous avons recherché la coexistence des phases β et β' en équilibre avec la phase α , coexistence qui, lorsqu'elle existe, se traduit dans le diagramme température-composition par un palier de concentrations à température fixe, c'est-à-dire par une discontinuité des courbes de séparation des domaines : $(\alpha + \beta)/\beta$ et $(\alpha + \beta')/\beta'$.

A cet effet, nous avons mis au point une méthode nouvelle de détermination du diagramme d'équilibre cuivre-zinc.

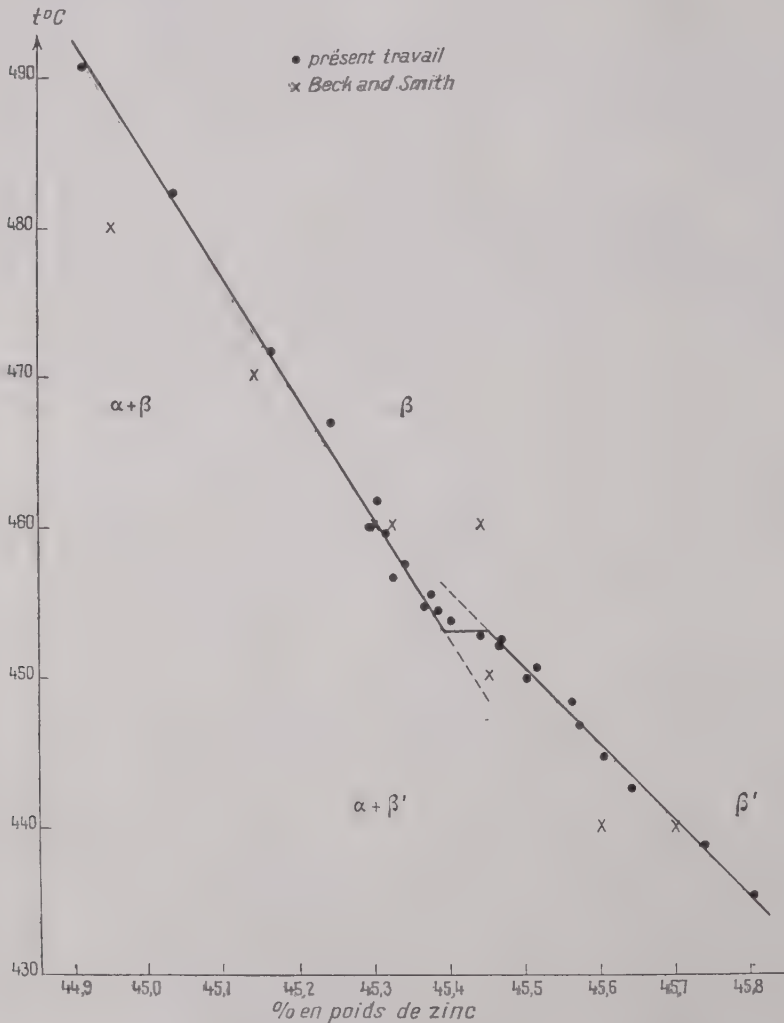
Des alliages de cuivre et de zinc en feuilles minces sont préparés, en tube scellé, par distillation de zinc sur des feuilles de cuivre, maintenues vers 450°C dans le vide. Une feuille de cuivre électrolytique ($10 \times 2,5 \times 0,002$ cm), pesée, est enroulée en accordéon afin qu'elle n'adhère pas au tube de verre, puis introduite dans un tube de pyrex avec un morceau de zinc pur industriel redistillé, pesé. On dégaze en pompant avec une trompe à vapeur de mercure, pendant une demi-heure à froid, puis pendant 2 h à 300°, puis on scelle. Le tube scellé est alors placé dans un four à la température désirée (430 à 490°). En quelques heures, le zinc a distillé sur le cuivre; on laisse le tube 24 h dans le four, afin d'assurer l'homogénéisation de l'alliage, laquelle est en fait atteinte en moins de 10 h. Comme on connaît le poids du cuivre mis en œuvre, la pesée de l'alliage formé fournit son titre avec une très grande précision.

Deux de ces alliages, l'un formé des phases $\alpha + \beta$, l'autre de β seul (respectivement, environ 40 et 47 % en poids de zinc) sont alors enfermés dans un tube, séparés l'un de l'autre par une lame de verre. Le tube est vidé, dégazé, scellé comme précédemment, puis porté dans un four et maintenu à la température désirée pendant 24 h. L'alliage β a une tension de vapeur de zinc supérieure à celle de l'alliage $\alpha + \beta$. Le zinc distille de β sur $\alpha + \beta$ jusqu'à égalité des tensions de vapeur; l'alliage β possède alors la composition limite en équilibre avec l'alliage $\alpha + \beta$. Il suffit, une fois l'équilibre établi, de peser β , dans lequel on connaît le poids de cuivre présent, pour en déduire le titre de l'alliage β à la limite $\alpha + \beta/\beta$, à la température de l'équilibre.

Les températures étaient mesurées au 1/10° de degré, au potentiomètre, avec un couple Pt-Pt rhodié, vérifié au point d'ébullition du soufre. Le tube scellé était placé dans un tube en fer, fermé, logé dans un four du type Chevenard : sa température demeurait constante à $\pm 0,3^\circ\text{C}$. Les pesées ont été faites sur une balance Mettler B6, ce qui a permis de connaître le rapport des poids à $\pm 0,01$ % en zinc.

Les résultats obtenus sont représentés sur la courbe ci-après. Comme on peut le voir, d'après l'échelle utilisée, la méthode employée est très précise; les

écarts à la courbe moyenne sont au maximum de 0,02 % en zinc. La précision atteinte est environ dix fois supérieure à celle obtenue par L. H. Beck et C. S. Smith ⁽⁴⁾. En contradiction avec les travaux antérieurs ⁽⁵⁾, nous confirmons, en les précisant, les résultats de ces deux chercheurs.



Ainsi, un palier semble se dessiner vers 453°C. Ce palier allant de 45,39 à 45,45 % en poids de zinc aurait une longueur d'environ 0,06 % en poids de zinc. Ceci est à la limite de notre précision et, s'il semble difficile d'exclure l'existence d'un tel palier, il est toutefois encore un peu prématuré d'en affirmer la réalité.

⁽⁴⁾ *Trans. Amer. Inst. Met. Eng.*, 194, 1952, p. 1079-1083.

⁽⁵⁾ G. V. RAYNOR. *Annotated Equil. Diagrams*, n° 3, 1944, *Inst. Métals*, London.

Fort heureusement, bien que déjà très précise, cette méthode d'étude du diagramme des laitons doit pouvoir être encore améliorée en utilisant une microbalance et un four à température plus stable. Des essais sont en cours en ce sens, qui permettront, espérons-nous, de fixer de façon certaine l'ordre de la transformation β/β' des laitons, que l'on peut toutefois déjà soupçonner ne pas être une transformation du second ordre pure.

THERMODYNAMIQUE CHIMIQUE. — *Méthode photoélectrique pour l'étude de la dissociation thermique du bromure cuivrique*. Note (*) de M. **PIERRE BARRET** et M^{me} **NICOLE GUENEBAUT-THÉVENOT**, présentée par M. Eugène Darmois.

Nous avons cherché à améliorer la précision des mesures de pression de dissociation faites à l'aide du manomètre de verre classique de type-Daniels en réalisant un manomètre à membrane de Pyrex plus épaisse, mais dont les flèches de moins d'un dixième de micron sont détectées avec une très bonne reproductibilité grâce à un dispositif photoélectrique.

Certains Ouvrages ⁽¹⁾, ⁽²⁾, ⁽³⁾, attribuent encore au bromure cuivrique une température de fusion de l'ordre de 500°C, bien que C. Jackson ⁽⁴⁾, en étudiant en 1911, les pressions de dissociation de ce sel cristallisé en fonction de la température, établit qu'il se comportait comme un système binaire univariant selon la réaction de dissociation :



Cependant Jackson s'intéressait principalement à la réalisation de manomètres en verre pour la mesure des pressions de vapeurs qui attaquent le mercure, améliorant les réalisations de Ladenburg ⁽⁵⁾, Johnson ⁽⁶⁾, Bodenstein ⁽⁷⁾ et Gibson. C'est seulement à titre d'exemple qu'il choisit le bromure cuivrique pour la vérification du fonctionnement de son appareil.

Récemment, N. W. Gregory et B. A. Thackrey ⁽⁸⁾ ont publié une étude similaire sur la dissociation thermique du bromure ferrique entre 65 et 140°C. Ils ont utilisé un manomètre de verre du type Daniels ⁽⁹⁾. Dans ces dispositifs,

(*) Séance du 19 décembre 1955.

(1) PASCAL, *Traité de Chimie minérale*, 8, p. 396.

(2) JANNASCH et ROSE, *Z. Anorg. Chem.*, 9, 1895, p. 194.

(3) *Handbook of Chemistry and Physics*, 1954, p. 512.

(4) *J. Chem. Soc.*, 49, I, 1911, p. 1066.

(5) *Ber. Deuts. phys. Ges.*, 8, 1906, p. 20.

(6) *Z. Phys. Chem.*, 61, 1908, p. 457.

(7) BODENSTEIN, *ibid.*, 69, 1909, p. 26.

(8) *J. of the Amer. Chem. Soc.*, 72, 7, 1950, p. 3176.

(9) *Ibid.*, 50, 1928, p. 115.

les déformations de la capsule manométrique dissymétrique se traduisent par les déplacements observés au microscope d'une aiguille de verre soudée à la capsule.

Nous avons effectué nos premières mesures avec un manomètre de ce type. Mais, pour rendre l'appareil sensible à une différence de pression de moins de 1 mm Hg, on est conduit à donner à la capsule manométrique une paroi très mince, ce qui présente des inconvénients : risques de rupture en cas d'une différence de pression accidentelle un peu élevée au cours des mesures ou de déformation permanente qu'une température supérieure à 250° favorise nettement. Pour y remédier par la réalisation de capsules à paroi plus épaisse, on doit augmenter la sensibilité du procédé de détection des déformations. C'est ainsi que E. J. Harris et A. C. Egerton mettent en œuvre la variation de capacité d'un condensateur dont la plaque mobile est soudée à l'extrémité de l'aiguille de verre ⁽¹⁰⁾.

Nous avons réalisé une capsule manométrique hémisphérique en Pyrex, dont la paroi plane se déforme comme une plaque circulaire encastrée sur sa périphérie (fig. 1). En son centre, à l'intérieur et dans l'axe du tube de com-

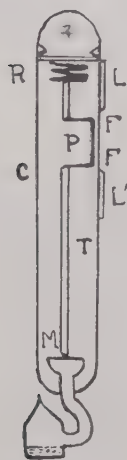


Fig. 1.

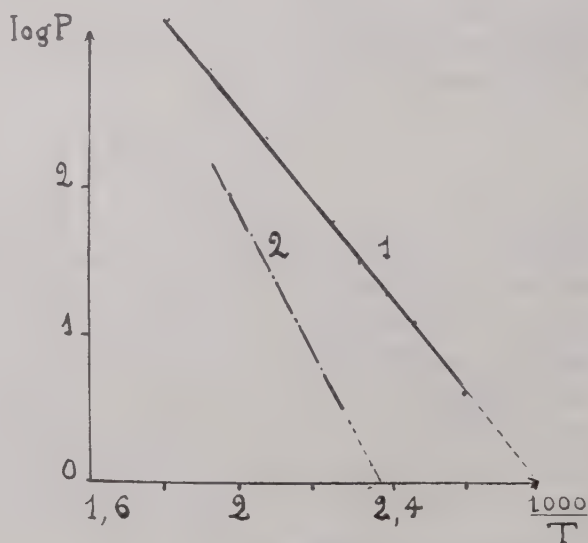


Fig. 2.

pensation de pression C, appuie une tige de verre T dont l'autre extrémité est maintenue par un ressort R exerçant une force constante. Cette tige supporte une plaque de platine en forme de demi-cylindre P, de diamètre très légère-

⁽¹⁰⁾ E. J. HARRIS and A. C. EGERTON, *Proc. Roy. Soc. London*, A, 932, 168, 1938, p. 1-18.

ment inférieur au diamètre intérieur du tube C. Sur la paroi extérieure de ce tube sont maintenues deux lames métalliques L et L' avec un écartement de très peu supérieur à la hauteur de l'écran P de façon à ménager pour un faisceau lumineux incident, deux diaphragmes en forme de fentes F et F' de moins de $1/10^{\circ}$ de millimètre de largeur sur 10 mm de long. Les flux lumineux issus de ces fentes sont reçus par deux cellules photoélectriques à couche d'arrêt en opposition. La déformation de la capsule déséquilibre les courants de cellule dans un sens ou dans l'autre suivant le sens de la différence de pression s'exerçant sur la paroi M. On obtient facilement une déviation d'une unité de l'échelle d'un galvanomètre de table pour une différence de pression de 1 mm Hg. ce qui revient à déceler des flèches de la membrane de moins de $0,1 \mu$.

Comme mode de chauffage, nous avons adopté, entre 100 et 280°C, un bain thermostatique avec agitation mécanique.

Les mesures de température ont été faites à l'aide de deux couples en série ATE-BTE avec soudures froides dans la glace fondante, par la méthode potentiométrique.

Nos résultats, auxquels nous consacrerons une publication plus détaillée, sont très différents de ceux de Jackson (*fig. 2*). Alors que celui-ci a opéré sur Cu Br_2 cristallisé, nos mesures ont porté sur la variété amorphe obtenue après plusieurs dissolutions successives du sel pur cristallisé dans l'alcool absolu et dessiccation à l'étuve sous vide à 45°C. A 266°C, par exemple, nous obtenons : $P = 760$ mm Hg, tandis qu'à la même température la pression mesurée par Jackson est 353 mm Hg. Nous avons porté sur un même graphique (*fig. 2*) nos résultats (courbe 1) et ceux de Jackson (courbe 2). Ils sont représentés par les deux équations suivantes :

Courbe 1 :

$$\text{Log } P^{\frac{1}{2}} = -\frac{7090}{RT} + \frac{13,10}{R}.$$

Avec

$$\Delta H_{298} = 7,09 \text{ kcal}, \quad \Delta S_{298} = 13,10 \text{ cal/mole degré.}$$

La variation correspondante d'enthalpie libre est

$$\Delta G_{298} = 3,16 \text{ kcal.}$$

Courbe 2 :

$$\text{Log } P^{\frac{1}{2}} = -\frac{11\,200}{RT} + \frac{19,9}{R}.$$

D'où

$$\Delta G_{298} = 5,23 \text{ kcal.}$$

CATALYSE. — *Étude de la décomposition de l'acide formique en fonction de la texture des catalyseurs.* Note (*) de M^{lle} ANNE COUTRAY DE PRADEL et M. BORIS IMELIK, présentée par M. Paul Pascal.

L'étude de la décomposition de l'acide formique indique que les gels de silice sont généralement des masses de contact déshydratantes. Les propriétés déshydrogénantes qui se manifestent à partir de 300°C environ sont très faibles pour les catalyseurs dont le rayon des pores varie entre 10 et 120 Å. Seuls les catalyseurs à rayon de pores supérieur à 500 Å montrent une certaine action déshydrogénante.

On sait que, suivant le catalyseur employé, l'acide formique peut être décomposé soit en $H_2 + CO_2$, soit en $H_2O + CO$.

P. Sabatier ⁽¹⁾ a déjà étudié l'activité et l'action sélective d'un grand nombre d'oxydes dans la décomposition de l'acide formique et des alcools. Si certains favorisent exclusivement la déshydrogénation ou la déshydratation, d'autres permettent dans des proportions variables, les deux réactions.

H. Adkins ⁽²⁾, le premier, supposa que l'action de catalyseurs simultanément déshydrogénants et déshydratants était liée à leur texture. Plus tard, Schwab ⁽³⁾ et ses collaborateurs étudièrent un nombre important d'oxydes et dégagèrent à nouveau l'importance de la texture des masses de contact considérées. C'est ainsi qu'ils ont trouvé qu'un gel de silice qualifié de microporeux avait une action presque exclusivement déshydratante alors que le même gel chauffé à haute température présentait un net accroissement d'activité déshydrogénante. Un phénomène semblable a été observé pour les alumines et l'oxyde de chrome et les auteurs en concluent que cette sélectivité est liée à leur texture poreuse.

L'objet de nos travaux a été la vérification de cette hypothèse sur des catalyseurs de texture bien définie : les gels de silice A, E, F, ApH 10,6 préparés par « la méthode au formol » dont la nomenclature correspond à celle adoptée dans les publications antérieures ⁽⁴⁾. T est un gel commercial lavé à l'acide chlorhydrique jusqu'à élimination des impuretés. P est un gel préparé suivant la méthode préconisée par Planck ⁽⁵⁾.

Quelques caractéristiques de la texture de ces catalyseurs sont résumées dans les deux premières colonnes du tableau ci-joint. Tous ces gels ont une

(*) Séance du 19 décembre 1955.

(1) *Catalyse en Chimie organique*, Paris, 1920.

(2) *J. Amer. Chem. Soc.*, **44**, 1922, p. 385 et 2175; **48**, 1926, p. 1671; **49**, 1927, p. 104.

(3) G. M. SCHWAB et E. SCHWAB AGALLIDIS, *J. Amer. Chem. Soc.*, **71**, 1949, p. 1806; G. M. SCHWAB et W. THEOPHILIDES, *J. Amer. Chem. Soc.*, **50**, 1946, p. 427.

(4) B. IMELIK, S. TEICHNER, Y. CARTERET, *J. Chimie phys.*, septembre-octobre 1951; Y. CARTERET, *IV^e Réunion de Chimie Physique*, Paris, juin 1954.

(5) *Catalysis*, **1**, 1954.

distribution de la taille des pores de faible amplitude et le rayon des pores indiqué caractérise ainsi la grande majorité des cavités. Nous n'avons pas réussi à préparer de gels de porosité uniforme pour des pores de rayon supérieur à 120 Å; le gel E est déjà difficilement reproductible et fritte aux régimes de chauffage modérés.

Décomposition de HCOOH

Gel.	Surface (m^2/g).	Rayon moyen des pores (Å).	250° C.			300° C.		
			Volume de gaz produit par gramme de catalyseur.	Volume de gaz produit pour 100 m^2 de surface.	% CO_2 .	Volume de gaz produit par gramme de catalyseur.	Volume de gaz produit pour 100 m^2 de surface.	% CO_2 .
T(CIH)....	800	10	3,3	0,4	0,0	6,6	1,1	0,4
P.....	770	15	3,4	0,5	0,0	6,0	0,89	1,0
A.....	550	34	6,0	1,2	0,0	9,5	1,85	1,0
A(pH 10,6)...	180	76	4,7	2,6	0,4	8,3	4,6	1,8
E.....	73	115	6,06	8,3	0,0	13,01	17,82	1,0
F.....	57		8,0	14,1	1,0	11,3	20,0	7,6

Le dispositif expérimental est semblable à celui indiqué par Schwab ⁽³⁾; toutes les expériences ont eu lieu dans les mêmes conditions : faisant réagir 15 g de catalyseur préalablement déshydraté jusqu'à poids constant à 400° C et sous pression atmosphérique, avec de l'acide formique dont le débit est réglé à 0,5 cm^3/mn .

Un essai à blanc en l'absence de tout catalyseur a d'abord été effectué afin de déterminer la réactivité du tube de pyrex utilisé comme chambre de réaction. Les divers catalyseurs s'étant révélés beaucoup plus actifs pendant les premiers temps de la réaction, les résultats consignés dans le tableau ont été déterminés après stabilisation du régime.

On constate tout d'abord que les gels de silice sont en général déshydratants comme l'indiquait déjà Sabatier ⁽⁴⁾. Cependant tout gel de silice a une action déshydrogénante à partir d'une certaine température (généralement voisine de 300° C). La réaction de déshydratation est presque exclusive à 280° C et aux températures inférieures; seul F montre à ces températures une activité déshydrogénante 3 à 4 fois plus élevée que celle des autres catalyseurs étudiés.

Pour le gel F, la production de CO_2 augmente rapidement avec la température : 7 à 8 % des gaz produits à 300° C; 15 % à 330° C; 18 % à 350° C.

Pour les autres catalyseurs, la quantité de CO_2 croît aussi avec la température, mais reste toujours 3 à 4 fois plus faible. On peut en conclure que le seul catalyseur montrant une certaine activité déshydrogénante ne comporte pas de pores de rayon inférieur à 500 Å environ et que la sélectivité de ces gels ne semble pas être fonction de la taille des pores quand le rayon de ceux-ci varie de 10 à 120 Å.

En étudiant l'activité des masses de contact par rapport à leur surface, on constate des variations très importantes d'un gel à l'autre; l'activité spécifique, définie par le volume de gaz produits par unité de surface, croît régulièrement avec la taille des pores. Cette observation permet de supposer : soit que la nature de gels microporeux diffère de celle d'une silice précipitée, soit que la surface des micropores n'est pas totalement accessible aux gaz réagissants.

Les gels microporeux sont beaucoup plus polymérisés que les gels macroporeux où la silice est précipitée : à titre d'exemple, le gel A contient 3 à 4 % d'eau de constitution alors que F en contient plus de 11 %. Les catalyseurs à petits pores contiennent donc beaucoup moins d'eau de constitution et l'on peut penser que le nombre d'oxhydriles par unité de surface est plus faible que pour la silice précipitée. D'autre part, l'utilisation de la surface des petits pores doit être limitée par les phénomènes de diffusion et l'encombrement de la molécule d'acide formique. Il n'est pas possible de préciser, sans données supplémentaires, le rôle de ces deux facteurs.

Nous avons déjà remarqué que dans nos conditions expérimentales tous les gels de silice produisent une certaine quantité de gaz carbonique à partir de 300° C. Il y a lieu de penser que pour les gels à très petits pores, une partie au moins de CO_2 provient de réactions secondaires telles que $2\text{CO} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{C}$. En effet les catalyseurs microporeux qui ont travaillé plusieurs jours se colorent en gris foncé et même en noir, sans doute par dépôt de carbone, tandis que les gels à plus grands pores (ApH10,6, E, F) restent parfaitement blancs. Toutefois, les expériences que nous avons exécutées avec le gel commercial (T) qui n'a pas été lavé à l'acide chlorhydrique, semblent indiquer l'importance des impuretés présentes en faible concentration dans le catalyseur. Ce gel produit alors 4 à 5 fois plus de CO_2 que le gel T lavé à l'acide.

En étudiant le vieillissement des catalyseurs, on constate une perte de surface à peu près proportionnelle à la baisse d'activité. T vieilli ne produit plus que 1,86 cm³ de gaz par gramme de catalyseur au lieu de 3,65 et sa surface est passée de 800 m²/g à 450 m²/g. L'activité par unité de surface est approximativement la même : 0,41 et 0,45.

Signalons enfin qu'activité et surface d'un catalyseur vieilli peuvent être restituées par chauffage à 400° C sous pression atmosphérique.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur la préparation d'aciers, par électrolyse sous arc de silicates, avec cathode de fer fondu.* Note (*) de MM. MAURICE DODERO et ROGER MAYOUD, présentée par M. René Perrin.

Cette étude fait suite à celle de l'électrolyse ignée des silicates entre-

(*) Séance du 14 novembre 1955.

prise en 1937 par l'un de nous, sous la direction de L. Andrieux ⁽¹⁾.

Dans ce nouveau travail, nous avons adopté un four à arc avec sole conductrice en fer et garnissage réfractaire siliceux ou alumineux interchangeable.

En alimentant l'arc en courant alternatif pour réaliser un chauffage sans effet d'électrolyse, on peut superposer facilement dans le même creuset une couche de 100 g de fer doux fondu et une couche de 200 g environ de silicate liquide. Le silicate, dont on peut faire varier la composition dans de larges limites en choisissant un creuset convenable, est obtenu par fusion d'un mélange de silice et d'oxydes ou de carbonates. A 1600° C l'addition de fluorure n'est généralement pas nécessaire pour l'obtention d'un bain électrolysable suffisamment fluide et de bonne conductibilité électrique.

La fusion terminée, l'arc est alimenté en courant continu pour électrolyser le silicate. Lorsque l'électrode de carbone est reliée au pôle positif, et la sole au pôle négatif, on voit apparaître sur la plage dessinée par l'arc sur la surface libre du laitier, des bulles gazeuses de formation anodique.

Il s'agit vraisemblablement d'oxygène.

Simultanément, la surface de séparation du métal et du laitier est le siège de réactions cathodiques.

D'après nos études précédentes, on sait que les réactions cathodiques dans les silicates fondus sont susceptibles de donner, suivant la composition de ces derniers, du silicium, des siliciures ou des métaux purs.

Dans nos essais, les éléments qui peuvent ainsi prendre naissance à la cathode, soit par réaction primaire, soit par réaction secondaire, se dissolvent dans le fer fondu.

On est ainsi conduit à des alliages fer-silicium, fer-silicium-métal ou fer-métal, dont les teneurs en éléments d'addition sont beaucoup plus élevées que celles pouvant résulter des réactions chimiques classiques entre le métal et le laitier.

Il est à remarquer que, l'électrode n'étant pas en contact avec le bain, on évite toute réduction directe des oxydes qui y sont dissous et, en même temps, toute introduction de carbone dans l'alliage sous-jacent.

Dans tous nos essais, les teneurs en carbone des alliages obtenus sont restées extrêmement basses, du même ordre de grandeur que celle du fer extra-doux de départ, C % = 0,05.

Voici quelques résultats qui se situent dans les nuances des aciers spéciaux :

(1) M. DODERO, *Recherches sur l'électrolyse des silicates fondus*. Thèse, Allier, Grenoble, 1937.

Caractéristiques des essais :

Température : 1600 à 1650° C;

Tension : 45 à 70 V; intensité : 35 à 70 A;

Durée de l'opération d'électrolyse : 25 à 50 mn.

Nature du creuset. — Réfractaire : silice pour l'essai n° 1; alumine pour les autres essais.

Le poids d'alliage est de 100 à 200 g et il se présente sous forme d'un culot de bel aspect parfaitement homogène.

N° de l'essai.	Composition du bain (au départ).	Alliage obtenu.	Cr (%)	Mn (%)	Si (%)
1...	(4 SiO ₂ . 1 Na ₂ O) : 100 %	Fe-Si	—	—	4,13
2...	(4 SiO ₂ . 1 Na ₂ O) : 100 %	Fe-Si	—	—	1,3
3...	(4 SiO ₂ . 1 Na ₂ O) : 80 %, (Cr ₂ O ₃) : 20 %	Fe-Si-Cr	11,3	—	1,71
4...	(1,64 SiO ₂ . 1 Na ₂ O) : 80 %, (Cr ₂ O ₃) : 20 %	Fe-Cr	6,05	—	0,07
5...	(4 SiO ₂ . 1 Na ₂ O) : 60 %, (MnO) : 40 %	Fe-Si-Mn	—	7,3	1,65
6...	(1 SiO ₂ . 1 Na ₂ O) : 60 %, (MnO) : 40 %	Fe-Mn	—	10,6	0,12

Nous avons choisi comme exemples les alliages avec le chrome et le manganèse pour lesquels les réactions métal-laitier sont peu prononcées et qui nous ont permis de mettre en évidence le rôle fondamental de l'électrolyse. Par ailleurs, ces alliages sont difficiles à obtenir avec une faible teneur en carbone et en silicium. Le tableau montre que ces deux difficultés ont été surmontées d'une part, en ce qui concerne le carbone, par l'utilisation de l'arc et d'autre part, en ce qui concerne le silicium, par l'utilisation d'un réfractaire alumineux, susceptible de supporter des bains à indice d'acidité voisin de 1.

Dans une autre série d'essais, nous avons préparé des alliages avec le nickel, le tungstène et le vanadium à partir de leurs oxydes.

Un intérêt de cette méthode de préparation des alliages avec le fer est d'éviter la métallurgie préalable de l'élément d'addition.

MÉTALLOGRAPHIE. — *La règle de Pilling et Bedworth et les phénomènes d'attaque de l'uranium par l'oxygène, l'hydrogène et l'azote.* Note (*) de M. YVES ADDA, présentée par M. Georges Chaudron.

La règle de Pilling et Bedworth ne permet pas de prévoir la forme des courbes de variation de la vitesse en fonction du temps d'attaque dans le cas de l'oxydation, de la nitruration et de l'hydruration de l'uranium. En effet, elle ne tient pas compte de la fissuration des couches formées, il n'y a donc aucun effet de protection.

On considère généralement que la règle de N. B. Pilling et R. E. Bedworth (1) permet de prévoir si une couche d'oxyde formée à la surface

(*) Séance du 19 décembre 1955.

(1) *J. Inst. Metals*, 29, 1923, p. 529.

d'un métal peut donner un effet de protection. Pour cela, on calcule le rapport φ du volume de l'oxyde formé à celui de métal qui a été oxydé; si φ est supérieur à 1, la couche d'oxyde serait compacte, et l'on obtiendrait un effet de protection; au contraire, si φ est inférieur à 1, la couche obtenue serait poreuse et la vitesse d'attaque serait constante. Dans ce travail, nous montrons que la règle de Pilling et Bedworth n'est pas applicable dans le cas de l'attaque de l'uranium par l'oxygène, par l'azote et par l'hydrogène.

Nos essais ont été effectués sur des échantillons d'uranium de $25 \times 2 \times 2$ mm, dont l'état de surface a été précisé par la mesure du potentiel de dissolution électrochimique. Pour suivre la cinétique, nous avons utilisé la thermobalance de Chevenard, et également un appareil construit au laboratoire. Dans ce dernier, la vitesse de la réaction est déterminée par la quantité de gaz consommée par unité de surface et de temps. Elle est mesurée par la variation de pression à volume constant, au moyen d'un manomètre différentiel à phtalate de butyle.

Nous avons calculé la valeur du rapport φ et nous avons obtenu : de 1,96 à 2,6 pour l'oxydation, 1,9 pour l'hydruration et de 1,8 à 1,9 pour la nitruration. D'après la règle de Pilling et Bedworth, ces valeurs devraient correspondre à des courbes paraboliques. Or, on ne constate aucun effet de protection et les courbes obtenues pour la variation de poids en fonction du temps sont généralement linéaires. C'est par exemple le cas de l'oxydation au-dessus de 125°C , de la nitruration au-dessus de 350°C et de l'hydruration de 175 à 350°C .

Pour certains états de surface, nous avons observé des effets de protection, mais ceux-ci disparaissent après un temps relativement court de réaction. On peut citer par exemple l'oxydation aux températures inférieures à 350° , de l'uranium qui a été poli électrolytiquement ou oxydé anodiquement; il se forme alors de fines pellicules d'oxyde. Dans ce cas, les courbes de variation de poids en fonction du temps sont paraboliques au début de la réaction, et elles évoluent vers la forme linéaire. Ces courbes seront données dans une publication plus étendue.

L'examen micrographique des produits formés à la surface de l'uranium au cours des phénomènes d'oxydation, d'hydruration et de nitruration, montre que ceux-ci sont fissurés ou pulvérulents lorsque les courbes cinétiques sont linéaires.

Les couches d'oxyde, de nitrure et d'hydruure d'uranium sont soumises à des tensions internes qui provoquent leur désagrégation lorsque leur épaisseur dépasse une certaine valeur. L'influence de ce facteur expliquerait le désaccord que nous observons entre nos résultats et les règles de Pilling et Bedworth qui supposent la formation de pellicules parfaitement continues.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur l'étude des défauts de réseau de l'aluminium pur par mesure de la résistivité électrique à la température de l'hydrogène liquide.*

Note (*) de M. MICHEL WINTENBERGER, présentée par M. Georges Chaudron.

A la température ambiante un aluminium à 99,9975 % écroui par traction ne se restaure que partiellement. Les défauts permanents sont les dislocations et les défauts transitoires sont les lacunes. On étudie le rôle important joué par les dislocations dans l'élimination des lacunes.

A la température d'ébullition de l'hydrogène (20,4° K sous 760 mm Hg) l'agitation thermique est suffisamment réduite pour que l'on puisse étudier avec précision l'influence des imperfections chimiques et physiques du réseau d'un métal sur la résistivité électrique.

C'est ainsi que si l'on prend des échantillons bien recuits, l'aluminium préparé par zone fondue (99,999 %) est dix fois plus conducteur à 20,4° K qu'un aluminium à 99,98 % (1).

Nous avons donc étudié l'évolution de défauts physiques à température ambiante en déterminant la résistivité de nos échantillons à 20,4° K : nous mesurons le rapport des résistances à 20,4° K et à la température ordinaire.

Si à température ambiante, on étire d'environ 10 % un fil d'aluminium à 99,9975 % soigneusement recuit, la résistivité mesurée immédiatement après la déformation est supérieure à celle correspondant à l'état recuit. L'excès de résistivité diminue très rapidement avec le temps à la température ordinaire mais ne s'élimine pas complètement (fig. 1).

Nous avons donc dans le métal étiré deux catégories de défauts dont les uns seulement peuvent s'éliminer à température ambiante.

Les propriétés mécaniques de l'aluminium à 99,9975 % ne se restaurent que très lentement à température ordinaire : les dislocations de son réseau déformé sont donc peu mobiles et nous leur attribuons l'excès permanent de résistivité.

Nous avons essayé d'identifier l'autre catégorie d'imperfections aux lacunes et interstitiels que les dislocations peuvent produire dans leur mouvement pendant la déformation plastique (2).

Dans ce but nous avons rapproché le phénomène précédent de la restauration des défauts ponctuels qui se trouvent dans le réseau à des tempé-

(*) Séance du 19 décembre 1955.

(1) M. CARON, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 686; M. CARON, *Thèse*, Paris, mai 1955.

(2) W.T. READ, *Dislocations in Crystals*, Mc Graw Hill, New-York, p. 69.

ratures voisines du point de fusion du métal et que l'on peut conserver par trempe à température ordinaire ⁽³⁾.

Dans les métaux cubiques compacts les défauts ponctuels sont surtout constitués de lacunes qui ont une énergie de formation moins élevée que celle des atomes interstitiels ⁽⁴⁾.

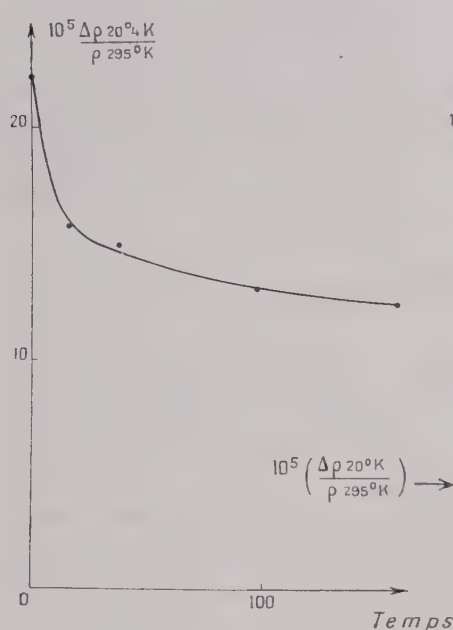


Fig. 1.

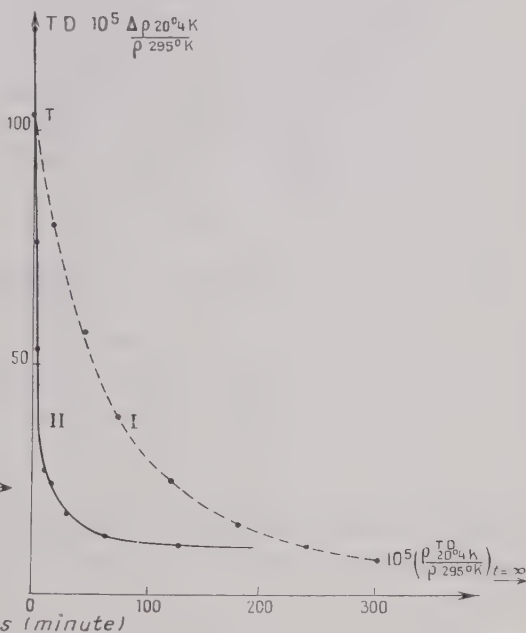


Fig. 2.

Fig. 1. — Restauration à température ambiante de la résistivité de l'aluminium à 99,9975 % étiré de 10 %, après un recuit de 24 h à 500°C suivi d'un refroidissement lent.

Fig. 2.

Courbe I : Restauration à température ambiante de la résistivité de l'aluminium à 99,9975 % trempé à l'air (T) après un recuit de 24 h à 500°C.

Courbe II : Restauration à température ambiante de la résistivité de l'aluminium à 99,9975 % trempé à l'air puis étiré de 10 % (T.D.) après un recuit de 24 h à 500°C.

Nous avons refroidi rapidement à l'air des fils d'aluminium à 99,9975 % après un recuit de plusieurs heures à 500°C. Les trempes n'ont pas été trop brutales pour ne pas introduire des déformations importantes dans le réseau cristallin : malgré une restauration possible des défauts pendant le refroidissement la résistivité à 20,4° K mesurée immédiatement après la trempe est environ le double de celle de l'état recuit.

L'excès de résistivité, qui est initialement cinq fois plus important que

⁽³⁾ J. W. KAUFFMAN et J. S. KOEHLER, *Phys. Rev.*, **97**, n° 2, 1955, p. 555.

⁽⁴⁾ H. B. HUNTINGTON et SEITZ, *Phys. Rev.*, **61**, 1942, p. 315 et 325.

celui obtenu par un allongement de 10 %, disparaît complètement (à ± 2 % près) en quelques heures à température ordinaire (*fig. 2 I*).

Nous ne pensons donc pas que la trempe ait introduit de dislocations supplémentaires.

La restauration de la résistivité est rapide mais pas assez cependant pour être comparée à celle du métal recuit puis déformé.

Mais, si immédiatement après la trempe le fil est étiré d'environ 10 %, la restauration est alors beaucoup plus rapide que celle que l'on observe quand le fil est trempé mais non déformé. Dans cette expérience la déformation augmente initialement la résistivité de T en D sur la figure 2 II. D'autre part dans ce cas, la restauration n'est pas totale et l'excès rémanent de résistivité est comparable à celui qui est obtenu en étirant un fil recuit non trempé.

La déformation plastique qui augmente le nombre de dislocations accélère l'élimination des lacunes. Celles-ci disparaissent donc bien par recombinaison avec les dislocations ⁽⁵⁾.

D'autre part, comme à résistivité égale les courbes des figures 1 et 2 II indiquent une vitesse de restauration comparable, nous pouvons penser que les défauts qui disparaissent à température ambiante sont les mêmes après trempe ou après déformation plastique.

Nous préciserons ces résultats par des expériences à d'autres températures de restauration et nous étudions également l'influence des impuretés.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Pressions de vapeur des solutions associées. Systèmes formés par quelques phénols avec le tétrachlorure de carbone.* Note de MM. HENRY BRUSSET et DAVID BONO, présentée par M. Paul Pascal.

Les pressions de vapeur totales de quelques systèmes binaires contenant des substances associées, les phénols, et un solvant neutre, le tétrachlorure de carbone, ont été mesurées à 20°C. Les coefficients d'activité thermodynamique de chaque constituant ont été ainsi déterminés.

Nous avons mesuré les pressions de vapeur saturante des systèmes binaires formés par le tétrachlorure de carbone avec le phénol, l'orthocrésol, le méta-crésol et le paracrésol. L'appareil utilisé est basé sur le principe de la méthode statique et permet de déterminer les pressions de vapeur totales avec une précision de 3 à 5/10^e de millimètre de mercure en valeur absolue.

Les substances, soigneusement purifiées, sont dégazées sous vide puis placées en ampoules scellées et tarées, permettant de réaliser des mélanges de composition connue. Les ampoules contenant le constituant non volatil sont placées

(⁵) F. SEITZ, *Imperfections in nearly perfect crystals*, Wiley, New-York, p. 71.

au voisinage immédiat du tensimètre, et l'on réduit ainsi le volume mort. Le manomètre est porté au thermostat et les lectures sont faites avec un cathétomètre au centième de millimètre. Les mesures sont toutes faites à $20^{\circ}\text{C} \pm 0,01^{\circ}\text{C}$.

Quand la mesure de la pression est faite, on brise le manomètre et l'on procède à l'analyse de la phase liquide par la réfractométrie. On trouve que la précision des compositions réalisées est de l'ordre de 3 à 5/1000° en valeur absolue.

Voici quelques constantes physicochimiques des corps employés :

Tétrachlorure de carbone : température d'ébullition sous 760 mm, É $76,72^{\circ}\text{C}$. Littérature, $76,7$ à $76,75$ ⁽¹⁾.

Densité par rapport à l'eau à 25°C : $1,5845$. Littérature, $1,58445$ à $1,58458$ ⁽¹⁾.

Phénol : température d'ébullition sous 760 mm, É 182°C . Littérature, 182 à $182,2^{\circ}\text{C}$ ⁽¹⁾.

Orthocrésol : température d'ébullition sous 760 mm, É 191°C . Littérature, $190,95$ à $191,1^{\circ}\text{C}$ ⁽¹⁾.

Métacrésol : température d'ébullition sous 760 mm, É $202,3^{\circ}\text{C}$. Littérature, $202,2$ à $202,32^{\circ}\text{C}$ ⁽¹⁾.

Paracrésol : température d'ébullition sous 760 mm, É $202,2^{\circ}\text{C}$. Littérature, $201,7$ à $202,32^{\circ}\text{C}$ ⁽¹⁾.

Les résultats obtenus permettent de calculer le coefficient d'activité f_B du constituant volatil, le tétrachlorure de carbone, en assimilant sa pression partielle à la pression totale du mélange. Le coefficient d'activité f_A du phénol a été calculé dans tous les cas par intégration graphique de la relation de Duhem-Margules, prise pour des accroissements finis :

$$\Delta \log f_A = - \frac{x_B}{x_A} \Delta \log f_B.$$

Les coefficients d'activité ont été pris en système de référence dissymétrique tel que $f_A = 1$ pour $x_A = 0$ et $f_B = 1$ pour $x_B = 1$. Pour une certaine composition, la phase solide apparaît dans la plupart des systèmes envisagés.

Dans les tableaux des résultats, A désigne un phénol, B le tétrachlorure de carbone, x la fraction molaire, P la pression totale en millimètres de mercure, f le coefficient d'activité. Le rapport f_A/f_B a été aussi calculé dans le même système de référence dissymétrique.

Seule une étude partielle du mélange phénol-tétrachlorure de carbone avait été faite à 15°C ⁽²⁾.

⁽¹⁾ J. TIMMERMAN, *Table des constantes physicochimiques*, Elsevier Pu. Co. New-York, 1950, p. 224, 450 et 462.

⁽²⁾ WEISSEMBERGER, SCHUSTER et SCHULER, *Mon. für Chemie*, 43, 1924, p. 425.

(A) Phénol-Tétrachlorure de carbone (B). Isotherme 20°C.

x_A	P.	f_B	f_A	$\frac{f_A}{f_B}$
0,000.....	91,0	1,000	1,000	1,000
0,025.....	90,5	1,020	0,462	0,453
0,050.....	89,9	1,039	0,325	0,313
0,100.....	88,7	1,083	0,224	0,206
0,150.....	87,6	1,132	0,174	0,153
0,200.....	86,3	1,185	0,145	0,120
0,250.....	85,4	1,251	0,123	0,098
0,300.....	84,4	1,323	0,108	0,081
0,350.....	83,0	1,404	0,097	0,069
0,400.....	80,8	1,480	0,089	0,060

(A) Orthocrésol-Tétrachlorure de carbone (B). Isotherme 20°C.

0,000.....	91,0	1,000	1,000	1,000
0,050.....	88,7	1,025	0,62	0,61
0,100.....	87,4	1,067	0,43	0,40
0,150.....	85,6	1,106	0,35	0,32
0,200.....	83,9	1,151	0,30	0,26
0,250.....	81,5	1,194	0,27	0,23
0,300.....	79,1	1,241	0,24	0,20
0,350.....	77,0	1,301	0,22	0,17
0,400.....	74,3	1,360	0,20	0,15

(A) Métacrésol-Tétrachlorure de carbone (B). Isotherme 20°C.

0,000.....	91,0	1,000	1,000	1,000
0,113.....	86,7	1,074	0,180	0,166
0,176.....	84,1	1,121	0,155	0,138
0,316.....	81,9	1,315	0,109	0,082
0,468.....	74,3	1,534	0,091	0,059
0,590.....	69,8	1,870	0,080	0,042
0,679.....	57,1	1,954	0,078	0,040
0,782.....	48,7	2,455	0,073	0,030

(A) Paracrésol-Tétrachlorure de carbone (B). Isotherme 20°C.

0,000.....	91,0	1,000	1,000	1,000
0,122.....	86,0	1,076	0,224	0,209
0,168.....	84,3	1,114	0,191	0,171
0,281.....	81,7	1,248	0,142	0,113
0,439.....	72,0	1,410	0,122	0,086

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Méthode de détermination rapide des coordonnées du point azéotropique.* Note de M. **LOUIS KAISER**, présentée par M. Paul Pascal.

Nous montrons que l'expression de la volatilité relative est susceptible, après une légère transformation, de donner une détermination de la température et de la composition azéotropique.

Il est courant, en distillation, de ne faire usage de la notion de la volatilité relative que pour des valeurs différentes de l'unité. Proposons-nous de considérer cette fonction lorsqu'elle est égale à 1.

Nous appellerons :

x la fraction molaire du constituant le plus volatil dans la phase liquide;

y la fraction molaire du même constituant dans la phase vapeur;

θ la température d'équilibre.

Considérons l'expression de la volatilité relative

$$(1) \quad \alpha = \frac{1-x}{x} \frac{y}{1-y}$$

qui prend la valeur 1 au point azéotropique.

Soit une fonction

$$\varphi = \alpha - 1 = \frac{y-x}{x(1-y)}.$$

Cette fonction présente les propriétés suivantes :

1° Elle s'annule au point azéotropique.

2° Elle est positive avant le point azéotropique et négative après (ou inversement).

Au point de vue pratique, si l'on a, pour deux compositions, différentes, $\varphi > 0$ et $\varphi < 0$, on est certain d'être en présence d'un azéotrope (propriété n° 2), si φ est toujours de même signe, le système est zéotropique. Pour déterminer rapidement le point azéotropique il suffit (propriété n° 1) de résoudre l'équation

$$(2) \quad \varphi = 0.$$

A cet effet, nous représenterons les fonctions ψ et τ qui sont les expressions de la fonction φ respectivement explicitée par rapport à x et à θ . Nous sommes conduit à résoudre graphiquement le système d'équations

$$(3) \quad \psi = 0 \quad \text{et} \quad \tau = 0.$$

Dressons le tableau donnant les valeurs respectives de θ , x , y et φ pour différents états du système. Des valeurs de x et φ d'une part, et de θ et φ d'autre part, on déduit ψ et τ que l'on représente graphiquement. Ces courbes coupent respectivement l'axe des x et l'axe des θ pour des valeurs qui sont les solutions du système d'équations (3). Trois ou quatre points expérimentaux suffisent pour donner le résultat.

La comparaison de cette méthode à celle des isobares d'ébullition et de rosée et à la représentation de $y = f(x)$ conduit au tableau suivant.

Les résultats sont assez concordants. Observons que nous n'avons utilisé que trois points avec la méthode proposée. Ces points ne sont pas nécessairement voisins des coordonnées azéotropiques.

Système.		Méthode		
		des isobares.	proposée.	$\gamma = f(x)$.
Acétone-tétrachlorure de carbone ($P = 760$ mm Hg)	x (acétone).....	0,96	0,9550	0,9525
	θ ($^{\circ}\text{C}$).....	56,1	55,9	Non donné par la méthode
Pyridine-eau ($P = 760$ mm Hg)	x (eau).....	Large méplat	0,7925	0,7910
	θ ($^{\circ}\text{C}$).....	92,8	92,57	Non donné par la méthode

La méthode, en dehors de sa rapidité, s'est révélée particulièrement intéressante pour préciser le point azéotropique du système pyridine-eau dont les isobares présentent un net méplat. On est obligé de tracer la courbe $\gamma = f(x)$, pour parvenir à une valeur satisfaisante de la composition.

La représentation des isobares tout en nécessitant un nombre important de points expérimentaux, présente souvent une incertitude large sur les compositions. La méthode $\gamma = f(x)$ a l'inconvénient de ne pas donner la température azéotropique.

La méthode proposée est complète et rapide, sans cesser d'être aussi précise que les deux autres procédés.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la formation des bromures basiques de magnésium à 25°*. Note (*) de M^{me} **LÉONE WALTER LÉVY** et M^{lle} **YOLANDE BIANCO**, présentée par M. Paul Pascal.

L'action de la magnésie sur les solutions de bromure de magnésium a été étudiée systématiquement à 25°, en fonction de la concentration des réactifs et du temps : les phases solides étant séparées par filtration et lavage à l'alcool absolu d'après les modes opératoires déjà indiqués (1).

Cette étude a permis d'isoler, en outre de la magnésie, deux bromures basiques dont les diagrammes de rayons X révélaient l'isomorphisme avec les chlorures Cl_2Mg , $5\text{Mg}(\text{OH})_2, 8\text{H}_2\text{O}$ et Cl_2Mg , $3\text{Mg}(\text{OH})_2, 8\text{H}_2\text{O}$ (2). Toutefois les rapports analytiques (3) correspondant aux paliers de diagrammes fixes étaient en désaccord avec les formules prévues par les relations d'isomorphisme. Les écarts ont pu être attribués au fait que ces composés n'ont pas, vis-à-vis de l'alcool absolu la stabilité des chlorures.

Il a donc paru nécessaire d'appliquer la méthode des restes. Les solutions

(*) Séance du 14 décembre 1955.

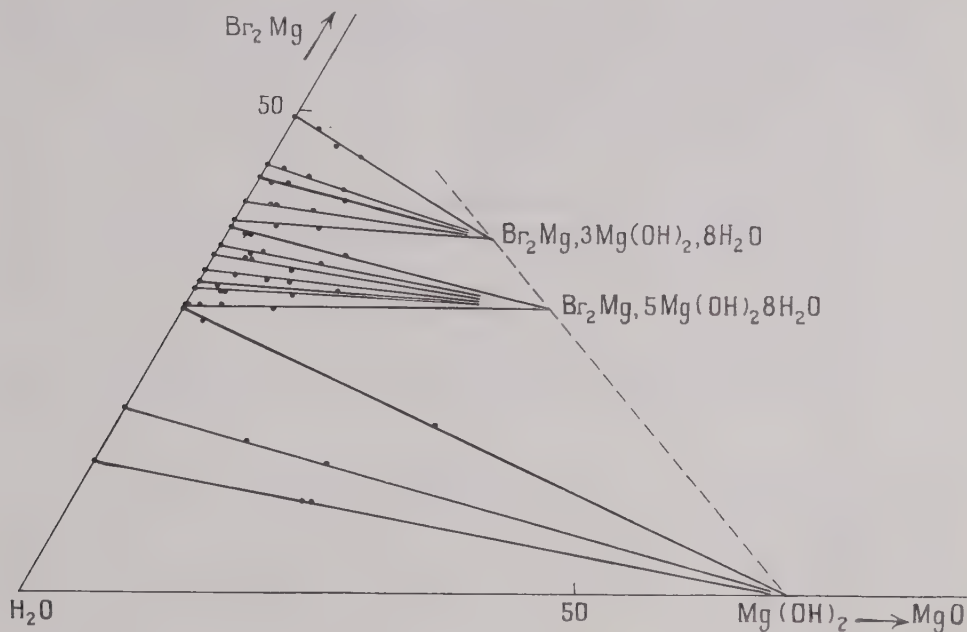
(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 513 et 1108; 234, 1952, p. 1779.

(2) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1077 et 1232.

(3) Leurs valeurs moyennes relatives à une vingtaine d'essais ont été les suivantes :

$$\frac{\text{Br}_2}{\text{Mg}} = 0,129 \text{ et } 0,228; \quad \frac{\text{H}_2\text{O}}{\text{Mg}} = 2,03 \text{ et } 2,54.$$

de bromure de concentration variable saturées de magnésie MgO à l'ébullition ont été immédiatement filtrées, puis maintenues à 25° pendant 10 jours. Les zones de formation des sels purs sont représentées dans le diagramme triangulaire figuré ci-dessous.



Les rapports stœchiométriques aux points de rencontre des droites concourantes sont les suivants

$$\frac{\text{Br}_2}{\text{Mg}} = 0,00, \quad 0,166, \quad 0,250 \quad \text{et} \quad \frac{\text{H}_2\text{O}}{\text{Mg}} = 1,00, \quad 2,16 \quad 2,75,$$

ce qui correspond exactement aux formules : $\text{Mg}(\text{OH})_2$, Br_2Mg , $5\text{Mg}(\text{OH})_2$, $8\text{H}_2\text{O}$ et Br_2Mg , $3\text{Mg}(\text{OH})_2$, $8\text{H}_2\text{O}$ ⁽⁴⁾.

La magnésie se forme dans les solutions diluées jusqu'à la concentration de 1,6 mol pour 1 000 g, le sel à $5\text{Mg}(\text{OH})_2$ de 1,6 à 2,06 mol pour 1 000 g et le sel à $3\text{Mg}(\text{OH})_2$ de 2,13 à 2,7 mol pour 1 000 g (cette dernière concentration est voisine de celle de la solution saturée en bromure.)

Ces zones de formation évoluent en fonction du temps, car le composé Br_2Mg , $5\text{Mg}(\text{OH})_2$, $8\text{H}_2\text{O}$ est à l'état de faux équilibre. Au bout d'un mois pour les concentrations les plus élevées (2 mol pour 1 000 g environ),

(⁴) Ce bromure a été signalé par Tassilly qui lui attribue la formule Br_2Mg , $3\text{Mg}(\text{OH})_2$, $9\text{H}_2\text{O}$ (*Comptes rendus*, 125, 1897, p. 606), retrouvé avec un degré d'hydratation à $8\text{H}_2\text{O}$ (*Acta cryst.*, 6, 1953, p. 40).

il commence à se transformer en $\text{Br}_2\text{Mg}, 3\text{Mg}(\text{OH})_2, 8\text{H}_2\text{O}$. Toutefois il reste stable pendant un an aux concentrations les plus faibles (1,6 mol par 1000 g)⁽⁵⁾.

La solubilité des bromures basiques toujours faible, ne peut être évaluée avec précision, la teneur en MgO est de l'ordre de 0,005 mol pour 1000 g de solution.

Seul le bromure à $3\text{Mg}(\text{OH})_2$ peut être isolé par filtration et lavage rapide à l'alcool absolu⁽⁶⁾. Les sels à 5 et $3\text{Mg}(\text{OH})_2$ se décomposent par lavage prolongé jusqu'à élimination contrôlée au nitrate d'argent du bromure dans les filtrats. Les résidus séchés à l'air présentent des rapports Br_2/Mg respectivement égaux à $0,127 \pm 0,003$ (moyenne de 10 essais) et $0,187 \pm 0,003$ (moyenne de 15 essais) et des rapports $\text{H}_2\text{O}/\text{Mg} = 2,09 \pm 0,04$ et $2,2 \pm 0,2$ ⁽⁷⁾. Les courbes de pesées à 25, 50 et 75° montrent que le degré d'hydratation du deuxième composé se fixe à $2,30 \pm 0,01$. Les formules des sels obtenus par action de l'alcool seraient donc $\text{Br}_2\text{Mg}, 7\text{Mg}(\text{OH})_2, 10\text{H}_2\text{O}$ et $3\text{Br}_2\text{Mg}, 13\text{Mg}(\text{OH})_2, 24\text{H}_2\text{O}$.

Le premier composé conserve le diagramme du sel à $5\text{Mg}(\text{OH})_2$, le second donne un spectre nouveau.

Les distances réticulaires et les intensités relatives correspondant aux trois roentgenogrammes caractéristiques sont les suivantes :

$\text{Br}_2\text{Mg}, 5\text{Mg}(\text{OH})_2, 8\text{H}_2\text{O}$. — f 9,33; F 8,46; ff 7,78; FF 4,29; fff 4,02; m 3,87; fff 3,63; f 3,17; fff 3,07; m 2,95; f 2,82; m 2,66; fff 2,47; m 2,43; ff 2,39; ff 2,33; fff 2,20; fff 2,09; fff 2,02; f 2,00; fff 1,94; fff 1,78; f 1,57; ff 1,54.

$\text{Br}_2\text{Mg}, 3\text{Mg}(\text{OH})_2, 8\text{H}_2\text{O}$. — f 8,49; m 7,22; fff 6,12; f 5,61; fff 5,15; f 4,98; f 4,28; F 4,22; FF 3,98; m 3,58; f 3,47; f 3,37; f 3,31; m 3,09; f 2,98; ff 2,92; f 2,89; f 2,88; F 2,80; ff 2,75; ff 2,65; m 2,61; m 2,56; F 2,51; fff 2,47; f 2,42; f 2,39; f 2,27; ff 2,18; m 2,13; fff 2,10; ff 2,06; f 2,03; fff 2,02; m 1,98; m 1,92; ff 1,88; f 1,84; ff 1,78; fff 1,77; ff 1,73; ff 1,70; f 1,67; f 1,65; f 1,64; fff 1,61; m 1,56; ff 1,53; m 1,51; fff 1,48; fff 1,47; fff 1,43; ff 1,40; fff 1,38; ff 1,35; fff 1,33.

$3\text{Br}_2\text{Mg}, 13\text{Mg}(\text{OH})_2, 24\text{H}_2\text{O}$. — f 7,07; m 6,23; FF 4,14; f 4,00; f 3,78; m 3,63; f 3,52; ff 3,37; ff 3,30; ff 3,18; ff 3,05; f 2,89; m 2,73; m 2,63;

(5) Nous avons observé que le chlorure $\text{Cl}_2\text{Mg}, 5\text{Mg}(\text{OH})_2, 8\text{H}_2\text{O}$ susceptible lui aussi de se transformer et même plus rapidement en sel à $3\text{Mg}(\text{OH})_2$ présente également un domaine de stabilité pour les concentrations les plus faibles (1,65 à 2,0 mol pour 1000 g).

(6) L'alcool à 90° transforme les deux sels en $\text{Mg}(\text{OH})_2$.

(7) L'action de l'alcool absolu sur le sel à $3\text{Mg}(\text{OH})_2$ a été étudié systématiquement en faisant varier la durée de contact et les proportions relatives d'alcool et du sel obtenu par lavage rapide. Elle conduit aux mêmes résultats. La moyenne de 13 essais donne des rapports

$$\frac{\text{Br}_2}{\text{Mg}} = 0,187 \pm 0,002 \quad \text{et} \quad \frac{\text{H}_2\text{O}}{\text{Mg}} = 2,2 \pm 0,2.$$

fff 2,56; fff 2,49; FF 2,43; fff 2,34; f 2,25; fff 2,07; fff 1,99; F 1,95; ff 1,89; fff 1,85; fff 1,74; fff 1,71; fff 1,68; m 1,57; fff 1,55; f 1,52.

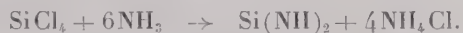
Nous avons donc pu établir à l'aide de la méthode des restes les formules des bromures Br_2Mg , $5\text{Mg}(\text{OH})_2$, $8\text{H}_2\text{O}$ et Br_2Mg , $3\text{Mg}(\text{OH})_2$, $8\text{H}_2\text{O}$ correspondantes à celles des chlorures isomorphes. Deux sels basiques de composition chimique différente peuvent se former par action de l'alcool absolu sur les bromures à 5 et $3\text{Mg}(\text{OH})_2$, l'un d'entre eux présente un diagramme caractéristique.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de l'ammoniac sur le tétrachlorure de silicium.*

Note de M. **MICHEL BILLY**, présentée par M. Paul Pascal.

La silicidiimide $\text{Si}(\text{NH})_2$ qui a été isolée à l'état pur paraît être le seul terme stable de la réaction entre le tétrachlorure de silicium et l'ammoniac. Même aux basses températures, il n'a pas été possible de mettre en évidence d'autres composés plus riches en azote.

Le produit de la réaction de l'ammoniac sur le tétrachlorure de silicium, longtemps assimilé à un composé d'addition $\text{SiCl}_4 \cdot 6\text{NH}_3$, est actuellement considéré comme le mélange d'une molécule de silicidiimide $\text{Si}(\text{NH})_2$ et de quatre molécules de chlorure d'ammonium, mais on ne trouve dans les mémoires ni données numériques, ni résultats d'analyses permettant d'établir avec certitude l'équation de la réaction :



D'autre part, la formation de composés intermédiaires, silicitétramide $\text{Si}(\text{NH}_2)_4$ et siliciimidodiamide $\text{Si}(\text{NH})(\text{NH}_2)_2$ qui seraient stables seulement au-dessous de 0° et qui correspondraient à l'absorption de 8 ou 7 molécules d'ammoniac, a été imaginée pour expliquer la réaction, sans que de tels produits aient été isolés ou simplement mis en évidence de façon rigoureuse. Nous avons cherché à apporter quelques précisions sur cette question.

La méthode utilisée dans le présent travail a consisté principalement à introduire, dans une enceinte jaugée et vide, des quantités connues de tétrachlorure de silicium et d'ammoniac jusqu'à ce que celui-ci ne soit plus absorbé, puis à déduire l'ammoniac retenu en mesurant et analysant le volume gazeux retiré après établissement de l'équilibre.

1° Le résultat de la réaction correspond à l'absorption de six molécules d'ammoniac par molécule de chlorure de silicium.

A la température ordinaire la réaction qui paraît lente se fait à peu près uniquement entre l'ammoniac et la vapeur de tétrachlorure à cause de la grande volatilité de ce dernier; le produit formé se dépose dans tout l'appareil. Des quantités de tétrachlorure égales à 1,383 et 4,623. 10^{-3} moles ont absorbé

respectivement 8,08 et 28,22. 10^{-3} moles d'ammoniac, soit 5,84 et 6,10 moles pour une de chlorure.

L'opération est plus aisée aux températures où l'ammoniac est liquide. La réaction est alors très rapide et accompagnée d'un gros dégagement de chaleur; les produits formés, localisés dans le vase à réaction, peuvent être facilement recueillis pour leur étude. Après retour à la température ambiante le nombre de molécules d'ammoniac absorbé est encore de six pour une de tétrachlorure :

SiCl ₄ millimol.	1,676	3,328	19,791	12,588	34,696
$\frac{\text{NH}_3}{\text{SiCl}_4}$	6,00	6,20	6,17	5,96	6,01

Pour essayer de retrouver la possibilité d'existence de composés plus riches en azote, mais stables seulement aux basses températures, nous avons repris des expériences déjà anciennes : réaction à -79° , puis élimination de l'excès d'ammoniac et décomposition sous vide à -50° , -35° et -25° des ammoniacates du chlorure d'ammonium, toutes ces opérations ayant été faites sans retour à la température ambiante; mais, en aucun cas nous n'avons pu entrevoir l'absorption de plus de six molécules d'ammoniac par molécule de chlorure de silicium.

2° Le produit est le mélange d'une molécule de silicidiimide et de quatre molécules de chlorure d'ammonium.

Nous les avons séparés sous vide dans l'appareil même de leur formation par des extractions successives avec l'ammoniac liquide dans lequel le chlorure d'ammonium est seul soluble et jusqu'à ce que les fractions extraites ne contiennent plus d'ion chlorure, ce qui nécessite de nombreux lavages. Nous sommes arrivés aux conclusions suivantes :

a. Le produit extrait est uniquement du chlorure d'ammonium comme l'ont montré l'analyse et les diagrammes de rayons X.

b. Tout le chlore du chlorure de silicium introduit se retrouve sous forme de chlorure d'ammonium. Il n'y a donc pas d'halogène fixé sur l'imide.

c. le résidu de l'extraction correspond bien à la silicidiimide $\text{Si}(\text{NH})_2$ comme le montre le résultat des analyses faites sur six préparations différentes :

Trouvé % : N, 48,02; Si, 48,67. Calculé % : N, 48,20; Si, 48,33.

La silicidiimide que nous avons ainsi isolée est une poudre blanche, très fine, amorphe aux rayons X, sans tension de vapeur, stable sous vide jusqu'à plus de 600° et extrêmement sensible à l'action de la moindre humidité : 20 à 25 % de l'imide sont hydrolysés en quelques minutes de séjour à l'air avec départ d'ammoniac et formation de silice, il ne se forme pas d'autre produit. La facilité de cette hydrolyse a imposé d'effectuer toutes les opérations d'isolement en absence totale d'air; elle explique aussi les valeurs un peu plus faibles trouvées pour l'azote et corrélativement un peu plus fortes que les valeurs théoriques pour la silice, l'imide perdant un peu d'ammoniac au cours de la pesée malgré toutes les précautions prises.

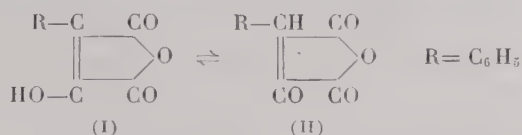
En résumé, la silicidiimide semble bien être le seul terme *stable* de la réaction entre l'ammoniac et le tétrachlorure de silicium, même aux basses températures. Nous nous proposons de faire connaître les raisons des divergences existant entre les résultats des travaux antérieurs sur l'existence de combinaisons plus riches en azote.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques anhydrides alcoyloxalacétiques.*

Note de M. JEAN SCHREIBER, présentée par M. Marcel Delépine.

L'acide sulfurique concentré réalise la transformation des esters éthyliques des acides alcoyloxalacétiques, en anhydrides correspondants. Ces dérivés se dégradent facilement par action de l'ammoniaque en amides α -cétoniques, par ailleurs difficilement accessibles.

En 1914, J. Bougault ⁽¹⁾ faisant réagir l'acide sulfurique concentré sur le nitrile phénylpyruvique α -cyané, obtenait l'anhydride phénylhydroxymaléique (I), forme énolique de l'anhydride phényloxalacétique (II).



Ce composé a été étudié d'abord par l'auteur, puis par M^{lle} Blanche Leroy ⁽²⁾.

Nous-même avons isolé en 1944 l'anhydride méthyloxalacétique ⁽³⁾ en faisant réagir l'acide sulfurique concentré sur l'ester diéthylique de l'acide méthyloxalacétique. Dans ce cas, l'anhydride précipite et s'isole du milieu réactionnel par simple filtration; il permet par hydrolyse et décarboxylation la préparation aisée de l'acide méthylpyruvique.

Nous avons tenté de généraliser la préparation de ces anhydrides oxalacétiques comme intermédiaires dans l'obtention des acides α -cétoniques purs; mais comme nous l'avions indiqué dans notre thèse, les anhydrides éthyl et isopropyloxalacétiques cristallisent moins bien et les rendements restent faibles ⁽⁴⁾.

En 1947 Schinz et Hinder ⁽⁵⁾ signalent avoir obtenu l'anhydride *n* amyloxalacétique $\text{R} = \text{C}_5\text{H}_{11}$ par hydrolyse de l'ester diéthylique correspondant à l'aide de CO_3K_2 .

Ayant eu récemment l'occasion de préparer les esters oxalacétiques dont

⁽¹⁾ *J. de Pharm. et de Chimie*, 7^e série, 10, 1914, p. 302.

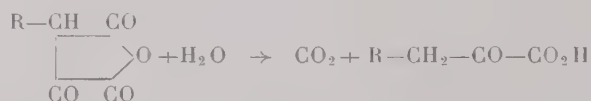
⁽²⁾ *Thèse Université*, Faculté de Pharmacie de Paris, n° 10, 1932.

⁽³⁾ *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 464.

⁽⁴⁾ *Thèse Sciences*, Paris, série A, n° 2154, 1946, n° 3025.

⁽⁵⁾ *Helv. Chem. Acta*, 30, 1947, p. 1357.

$R=C_4H_9$; C_6H_{13} ; C_8H_{17} ; $C_{10}H_{21}$; $C_{14}H_{29}$; $C_{16}H_{33}$ ⁽⁶⁾, nous avons soumis ces esters à l'action de deux volumes d'acide sulfurique concentré et froid pendant 24 h. L'anhydride oxalacétique correspondant se sépare en belles paillettes blanches et le précipité obtenu, encore faible pour $R=C_4H_9$, devient pour les homologues supérieurs si abondant qu'il y a prise en masse, ce qui rend la simple séparation sur verre fritté presque impossible. Il vaut alors mieux dissoudre l'anhydride par agitation avec du benzène bouillant et séparer la couche benzénique par décantation. On reprend cet épuisement plusieurs fois si nécessaire. Par refroidissement des solutions benzéniques les anhydrides précipitent et on les sépare par filtration. Les composés obtenus sont purifiés par recristallisation dans du benzène. Ils sont blancs, très solubles dans l'alcool et l'éther; peu solubles dans le benzène et encore moins dans l'éther de pétrole. Leur solubilité dans l'eau froide diminue rapidement quand le poids moléculaire augmente. Tous donnent avec le perchlorure de fer en solution alcoolique une coloration rouge. Ils présentent une réaction acide et sont titrables par retour en fonctionnant comme diacides. On peut ainsi déterminer leur poids moléculaire. Les solutions de titration réacidifiées ne régénèrent plus l'anhydride mais l'acide α cétonique résultant de leur hydratation avec perte de CO_2 .



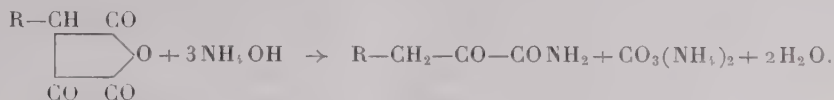
Cette réaction se passe d'ailleurs spontanément dans l'eau et la dégradation en acide α cétonique est complète en moins de 24 h; elle rend ces anhydrides peu stables à l'air humide et permet d'accéder aux acides α cétoniques correspondants. Nous présentons dans le tableau A les anhydrides isolés avec leurs points de fusion et la vérification acidimétrique de leurs poids moléculaires.

Les amides des acides α cétoniques aliphatiques $R-CH_2-CO-CO_2H$, sont peu connus et nous n'avons trouvé mentionnés dans la littérature que ceux dont $R=C_3H_7$; tous obtenus par hydrolyse des nitriles correspondants.

R.	A.			B.		
	Anhydrides oxalacétiques.			Amides α -cétoniques.		
	F(°C).	P. M. trouvé.	P. M. calculé.	F(°C).	N % trouvé.	N % calculé.
C_4H_9	88-89	168	170	109	9,76	9,80
C_6H_{13}	90	195	198	111	8,11	8,20
C_8H_{17}	91	225	226	114	7,06	7,03
$C_{10}H_{21}$	92	257	254	116	6,08	6,17
$C_{14}H_{29}$	94	307	310	118	5,06	4,95
$C_{16}H_{33}$	95	335	338	119	4,39	4,50

(6) *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2536.

Or le passage des anhydrides oxalacétiques aux amides α cétoniques est particulièrement facile comme l'a déjà montré Blanche Leroy ⁽²⁾. La réaction mise en jeu est comparable à celle qui permet d'obtenir les amides aliphatiques à partir de leurs anhydrides.



Effectuée en solution aqueuse la transformation est pratiquement quantitative. Dans l'éther anhydre et avec l'ammoniaque sec et gazeux, il y a d'abord précipitation d'un produit d'addition molécule à molécule; ce produit se transforme spontanément à l'air humide en amide α cétonique.

Ayant mis en œuvre l'un et l'autre procédé nous avons abouti aux mêmes produits que nous avons purifiés par recristallisation dans du benzène bouillant.

Les amides sont blanches, peu solubles dans l'eau, l'éther et l'alcool froid. Ils se transforment facilement en acides α -cétoniques par hydrolyse acide ou alcaline.

Nous avons indiqué dans le tableau B, leurs points de fusion ainsi que la vérification de leur teneur en azote.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la synthèse de composés linéaires acétyléniques $\alpha\omega$ dihalogénés et de quelques acides en dérivant.* Note (*) de MM. **ISRAËL MARSZAK** et **JEAN-PIERRE GUERMONT**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Les auteurs décrivent plusieurs voies par lesquelles ils ont obtenu des composés linéaires $\alpha\omega$ dihalogénés de 7 à 24 carbones, contenant une ou deux triples liaisons en diverses positions de la chaîne. A partir de ces dihalogénures, quelques diacides acétyléniques ont été obtenus. La synthèse d'un hydroxyacide acétylénique est également mentionnée.

Les composés $\alpha\omega$ dihalogénés contenant une ou plusieurs fonctions acétyléniques dans leur chaîne ont été très peu étudiés jusqu'à présent. Pourtant, de tels composés doivent présenter un intérêt considérable comme produits intermédiaires pour la synthèse de longues chaînes à fonctions multiples.

Dans un travail qui a fait l'objet d'un pli cacheté déposé à la Société Chimique de France le 28 mars 1954, et dont nous venons de demander l'ouverture ⁽¹⁾, nous avons déjà indiqué deux voies relativement simples, qui

(*) Séance du 19 décembre 1955.

(1) MARSZAK et GUERMONT, Pli cacheté n° 1188 déposé à la Société Chimique de France le 28 mars 1954 (sous presse).

nous ont permis d'obtenir des composés mono-et diacétyléniques avec un atome d'halogène à chaque extrémité de la chaîne.

Nous avons mis à profit la différence entre le comportement, envers les acétylures sodés dans l'ammoniac liquide, d'un atome de chlore et d'un atome de brome fixés sur un groupement polyméthylénique. Henne et Greenlee ⁽²⁾ ont déjà constaté qu'un chloro-bromure polyméthylénique $\text{Cl}(\text{CH}_2)_n\text{Br}$, dans ces conditions agit seulement par son atome de brome. Avec le dérivé sodé d'un hydrocarbure acétylénique vrai $\text{RC}\equiv\text{CNa}$, Ahmad et Strong ⁽³⁾ ont obtenu, de façon analogue, un acétylénique bisubstitué ω chloré $\text{RC}\equiv\text{C}(\text{CH}_2)_n\text{Cl}$. Nous avons pu montrer que la même réaction est réalisable en partant d'acétyléniques vrais contenant un chlore à bout de la chaîne, $\text{Cl}(\text{CH}_2)_n\text{C}\equiv\text{CH}$, composés qui comme l'ont déjà indiqué Newman et Wotiz ⁽⁴⁾ se laissent transformer en dérivés sodés, $\text{Cl}(\text{CH}_2)_n\text{C}\equiv\text{CNa}$.

Ainsi, nous avons obtenu les composés $\alpha\omega$ chlorés attendus suivant la réaction



Notons que vers la même époque (juin 1954) paraissait un travail de Baker, Kierstead, Linstead et Weedon dans lequel était décrite la préparation, par la même voie, du dichloro-1.10 décynes-5 ⁽⁵⁾. Plus récemment, ces chercheurs signalaient la synthèse du dichloro-1.8 octynes-4 ⁽⁶⁾.

Dans notre travail déjà cité ⁽¹⁾ nous avons aussi mis à contribution la différence de réactivité entre le chlore et le brome pour effectuer la synthèse des $\alpha\omega$ dichlorures polyacétyléniques selon la réaction



Poursuivant nos recherches, nous avons préparé ces composés à partir des dérivés sodés des acétyléniques vrais ω chlorés et des dibromures polyméthyléniques



D'autre part, par action du formol sur les dérivés magnésiens des acétyléniques vrais chlorés $\text{Cl}(\text{CH}_2)_n\text{C}\equiv\text{CMgX}$ ⁽⁷⁾, nous avons obtenu les alcools propargyliques ω chlorés $\text{Cl}(\text{CH}_2)_n\text{C}\equiv\text{CCH}_2\text{OH}$, dans lesquels le groupe-

⁽²⁾ *J. Amer. Chem. Soc.*, **67**, 1945, p. 484.

⁽³⁾ *J. Amer. Chem. Soc.*, **70**, 1948, p. 1699.

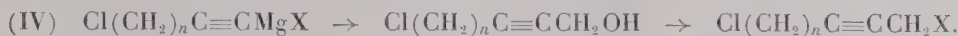
⁽⁴⁾ *J. Amer. Chem. Soc.*, **71**, 1949, p. 1292.

⁽⁵⁾ BAKER, KIERSTEAD, LINSTAD et WEEDON, *J. Chem. Soc.*, 1954, p. 1804.

⁽⁶⁾ BAKER, LINSTAD et WEEDON, *J. Chem. Soc.*, 1955, p. 2218.

⁽⁷⁾ TAYLOR et STRONG, *J. Amer. Chem. Soc.*, **72**, 1950, p. 4263.

ment OH a pu être facilement remplacé par un halogène



Grâce à la mobilité particulière de leur halogène propargylique, ces composés, par action du magnésium peuvent fournir de longues chaînes diacétyléniques dichlorées



Les dihalogénures ainsi que les chlorhydrines que nous avons déjà préparés par ces diverses voies, à notre connaissance tous produits nouveaux, sont consignés dans le tableau

$\text{Cl}(\text{CH}_2)_4\text{C}\equiv\text{CCH}_2\text{Br}\dots\dots\dots$	$\dot{\text{E}}_{0,1} \quad 62-63^\circ$	$n_D^{20} \quad 1,5200$
$\text{Cl}(\text{CH}_2)_3\text{C}\equiv\text{C}(\text{CH}_2)_4\text{Cl}\dots\dots\dots$	$\dot{\text{E}}_{0,1} \quad 83^\circ$	$n_D^{20} \quad 1,4835$
$\text{Cl}(\text{CH}_2)_3\text{C}\equiv\text{C}(\text{CH}_2)_5\text{Cl}\dots\dots\dots$	$\dot{\text{E}}_{0,3} \quad 103^\circ$	$n_D^{20} \quad 1,4820$
$\text{Cl}(\text{CH}_2)_9\text{C}\equiv\text{CCH}_2\text{Cl}\dots\dots\dots$	$\dot{\text{E}}_{0,2} \quad 112^\circ$	$n_D^{20} \quad 1,4832$
$\text{Cl}(\text{CH}_2)_9\text{C}\equiv\text{CCH}_2\text{Br}\dots\dots\dots$	$\dot{\text{E}}_{0,07} \quad 120^\circ$	$n_D^{20} \quad 1,5010$
$\text{Cl}(\text{CH}_2)_9\text{C}\equiv\text{C}(\text{CH}_2)_4\text{Cl}\dots\dots\dots$	$\dot{\text{E}} \quad 120^\circ$	$n_D^{17} \quad 1,4799$
	(vide poussé)	
$\text{Cl}(\text{CH}_2)_4\text{C}\equiv\text{C}(\text{CH}_2)_4\text{C}\equiv\text{C}(\text{CH}_2)_4\text{Cl}\dots$	$\dot{\text{E}} \quad 124-125^\circ$	$n_D^{17} \quad 1,4982$
	(vide poussé)	
$\text{Cl}(\text{CH}_2)_9\text{C}\equiv\text{C}(\text{CH}_2)_2\text{C}\equiv\text{C}(\text{CH}_2)_9\text{Cl}\dots$	$\text{F} \quad 30-30,5$	—
$\text{Cl}(\text{CH}_2)_4\text{C}\equiv\text{CCH}_2\text{OH}\dots\dots\dots$	$\dot{\text{E}}_{0,3} \quad 93^\circ$	$n_D^{19} \quad 1,4870$
$\text{Cl}(\text{CH}_2)_9\text{C}\equiv\text{CCH}_2\text{OH}\dots\dots\dots$	$\dot{\text{E}}_{0,2} \quad 123^\circ$	$n_D^{16} \quad 1,4830$

A partir de certains de ces dihalogénures et d'une chlorhydrine, nous avons obtenu, par l'intermédiaire des nitriles les diacides et l'hydroxyacide suivants :

	F (°C).
$\text{HOOC}(\text{CH}_2)_3\text{C}\equiv\text{C}(\text{CH}_2)_4\text{COOH}\dots\dots\dots$	77-78
$\text{HOOC}(\text{CH}_2)_3\text{C}\equiv\text{C}(\text{CH}_2)_5\text{COOH}\dots\dots\dots$	89
$\text{HOOC}(\text{CH}_2)_4\text{C}\equiv\text{C}(\text{CH}_2)_9\text{COOH}\dots\dots\dots$	92
$\text{HOOC}(\text{CH}_2)_4\text{C}\equiv\text{C}(\text{CH}_2)_4\text{C}\equiv\text{C}(\text{CH}_2)_4\text{COOH}\dots$	107-107,5
$\text{HOCH}_2\text{C}\equiv\text{C}(\text{CH}_2)_9\text{COOH}\dots\dots\dots$	68

Signalons que Baker et coll. ⁽⁵⁾, ⁽⁶⁾ ont préparé d'autres diacides acétyléniques par la même voie.

Presque tous ces composés ont été hydrogénés à température et pression ordinaires en présence de nickel Raney ou de platine. Ils ont absorbé la quantité théorique d'hydrogène et ont fourni les dérivés saturés correspondants, en majeure partie décrits dans la littérature.

Ce travail qui est poursuivi dans diverses directions, sera publié ailleurs, de façon plus détaillée.

MINÉRALOGIE. — *Sur la nature du revêtement occasionnel des parois ou du sol des grottes (« montmilch »)*. Note (*) de M. **BERNARD GÈZE**, M^{lle} **RAYMONDE LAGRANGE** et M^{lle} **THÉRÈSE POBEGUIN**, présentée par M. Charles Jacob.

Le montmilch, considéré comme calcitique par la plupart des auteurs, peut en réalité correspondre à des substances très différentes et être dans certains cas essentiellement magnésien.

A côté des stalactites, stalagmites et revêtements calcaires observés dans toutes les grottes, on trouve parfois, tapissant çà et là les parois ou le sol de certaines d'entre elles, une substance blanche ou blanc jaunâtre dont le toucher onctueux dénote un grain très fin; lorsqu'elle est sèche, elle paraît sableuse et crisse sous les pieds; le plus souvent elle est gorgée d'eau et, dès qu'on la touche, elle prend une apparence laiteuse : c'est le « montmilch » ou « mondmilch » (lait de montagne ou lait de lune); il semble même que certaines stalactites ou stalagmites, particulièrement friables, puissent en être constituées.

A. Lacroix ⁽¹⁾ en a décrit, provenant des grottes du Grapelet, près de Sigottier (Hautes-Alpes), et de Lherm, près de Foix (Ariège); il affirme qu'il s'agit « d'agrégats microlitiques et réticulés de lamelles rhomboédriques cristallitiques » de calcite. Bien que Zirkel ⁽²⁾ ait proposé d'y voir un mélange cryptocristallin d'aragonite et de calcite crayeuse, avec un peu de matière organique, tous les autres auteurs qui ont évoqué le montmilch sont d'accord pour admettre que l'on a affaire à des microcristaux de calcite.

La question n'est pas si simple.

Nous avons étudié quelques échantillons de montmilch prélevés dans les grottes de Moulis (Ariège), la Clamouse (Hérault) et Clapade (Aveyron) ⁽³⁾. Nous avons constaté, grâce à des analyses spectrographiques, des diagrammes de rayons X (Debye-Scherrer) et des spectres infrarouges (région de 6 à 15 μ), que ces échantillons, non seulement ne correspondaient pas forcément à de la calcite, mais de plus qu'ils présentaient une composition chimique et une structure minéralogique très différente. Ainsi, dans certains cas, c'est le magnésium qui en est le principal constituant.

Le montmilch de Moulis est de l'hydromagnésite presque pure, avec

(*) Séance du 19 décembre 1955.

(1) *Minéralogie de la France*, 3, p. 530.

(2) Cité par W. PRINZ, *Les cristallisations des grottes de Belgique* (Nouveaux mémoires de la Société belge de géologie, de paléontologie et d'hydrologie, Bruxelles, 1908).

(3) Ce dernier échantillon nous a été envoyé par M. L. Balsan.

peut-être un peu de nesquéhonite. Le montmilch de la Clamouse est également, selon toute vraisemblance, un hydrocarbonate de magnésium, mais contenant davantage de calcium (ce n'est ni l'hydromagnésite ni la nesquéhonite, et il n'y a pas trace de calcite). Quant au montmilch de Clapade, il contient beaucoup plus de calcium que de magnésium et est très probablement constitué en majeure partie par de la calcite. Les trois échantillons présentent en outre des traces plus ou moins importantes de quelques autres éléments : silicium, fer, aluminium et parfois sodium.

L'aspect au microscope polarisant de ces trois échantillons est très différent : le montmilch de Moulis est constitué par de minuscules fuseaux ayant sensiblement $1\ \mu$ de large sur 9 à $10\ \mu$ de long; le montmilch de la Clamouse est formé de toutes petites particules, de l'ordre de 2 à $3\ \mu$, agglomérées les unes aux autres dans toutes les orientations; le montmilch de Clapade montre un enchevêtrement de longues baguettes de toutes tailles, de quelques μ sur 10 à $20\ \mu$ jusqu'à une trentaine de μ sur 200 à $300\ \mu$, à extinction très oblique, certaines de ces baguettes étant courbées et tordues.

Il est intéressant de signaler que la grotte de Clapade s'ouvre dans une roche essentiellement calcaire, tandis que les grottes de Moulis et de la Clamouse sont creusées dans la dolomie : si la première a donné un montmilch à prédominance calcaire — le fait paraît normal — il n'en est pas de même pour Moulis et la Clamouse, où il faut supposer une séparation des ions Mg et Ca antérieurement à la précipitation d'un montmilch essentiellement magnésien.

D'autres études sont en cours sur ce sujet. Nous pouvons dire cependant que ce nom de montmilch a été donné à des substances ayant le même aspect physique au point de vue macroscopique, mais possédant une composition chimique et une structure totalement différentes.

MINÉRALOGIE. — *Sur la présence d'illite chromifère dans le gisement de cinabre d'Avala, près de Belgrade.* Note de M. DOUCHAN STANGATCHILOVITCH, présentée par M. Charles Mauguin.

Le minéral examiné est accompagné de cinabre, de mercure, de calomel, de barytine, de pyrite et de chromite. Il se présente comme une imprégnation de couleur verte dans les masses quartzitiques et dolomitiques de serpentine de mont Avala. En 1884 ce minéral vert a été examiné par S. Lozanić ⁽¹⁾, ⁽²⁾, ⁽³⁾, qui l'avait considéré comme une espèce minérale, en lui donnant le nom

(1) *Glasnik Srpskog Učenog društva*, 57, 1884, p. 449.

(2) *Berichte d. deutschen chem. Gesellschaft*, Berlin, Jg. 28, 1895, p. 2631-2635.

(3) *Z. Kryst. u. Miner.*, Leipzig, B. 28, 1897.

d' « avalit ». En tant qu'aluminosilicate de chrome et de potassium, l'avalite est, dans les manuels de minéralogie, placée dans le groupe de la muscovite. P. Ramdohr ⁽⁴⁾ le cite comme une fuchsite.

L'étude microscopique montre qu'il s'agit d'un minéral bien cristallisé, dont les lames et les agrégats fibreux sont allongés et onduleux, comme d'ailleurs les minéraux micacés. D'après S. Urošević ⁽⁵⁾ le minéral en question (ancien avalit) est biaxe, avec un petit angle des axes optiques et de signe d'allongement négatif. Le minéral a une biréfringence forte, une extinction droite et un pléochroïsme faible : n_g et n_m vert, n_p vert-jaunâtre.

La courbe thermique différentielle présente un crochet bien marqué à 130° correspondant au départ de l'eau hygroscopique. A 570° la courbe révèle le second crochet endothermique, aussi bien marqué. Enfin on note vers 830° un accident exothermique, se présentant sous l'aspect d'une bosse. L'allure de cette courbe rappelle celle des illites.

L'étude faite à l'aide de la thermobalance Chevenard révèle jusqu'à 200° une perte de 8 % ; entre 200 et 410° une diminution de poids de 1,4 %. Entre 410 et 570° le minéral perd 3,6 % d'eau. Au-delà et jusqu'à 1000° l'échantillon perd encore 2 % de son poids initial. Au total la courbe thermopondérale montre une perte de 15 %. L'allure de la courbe rappelle tout à fait celle des illites.

Le diagramme de rayons X fait en utilisant la poudre du minéral a donné les équidistances suivantes : 10,13 Åm, 4,91 m, 4,48 TF, 3,68 m, 3,37 F, 2,82 f, 2,58 F, 2,42 f, 2,18 mf, 2,0 f, 1,50 f, 1,30 f, 1,24 f. Elles sont toutes caractéristiques de l'illite et confirment les données obtenues par l'analyse thermique. Le diagramme de poudre montre également une équidistance de l'ordre de 7,1 Å, ce qui indique la présence d'un minéral kaolinique faiblement représenté.

L'analyse chimique exécutée sur une prise triée aussi soigneusement que possible, a donné les résultats suivants : SiO₂, 50,05 ; Al₂O₃, 22,83 ; Cr₂O₃, 12,38 ; Fe₂O₃, 2,33 ; FeO — ; MnO — ; CaO, 0,43 ; MgO, 0,14 ; K₂O, 2,16 ; Na₂O, 0,24 ; TiO₂, 0,40 ; P₂O₅, traces ; CO₂ — ; H₂O₊, 9,43 ; total : 100,39 %.

D'après les études faites, l'avalite n'est ni une espèce minérale particulière, ni une fuchsite, mais une illite chromifère avec la présence d'un minéral kaolinique faiblement représenté.

Cette illite chromifère est, dans le gisement de cinabre d'Avala, un des minéraux du cycle d'action hydrothermale, lié à des éruptions andésitiques d'âge tertiaire.

B. Dimitrijević ⁽⁶⁾ distingue deux phases de cette activité hydrothermale :

⁽⁴⁾ Klockmann's *Lehrbuch der Mineralogie*, 1948.

⁽⁵⁾ *Glas srpske kralj. akad.*, 52, 1897.

⁽⁶⁾ *Srpska kralj. akad.*, pos. izd. knjiga, 85.

1° Processus métamorphiques de serpentinisation avec formation de quartz, de dolomie, d'avalite et de barytine.

2° Le processus de formation de pyrite, de cinabre, de calomel, de mercure et de quartz. Cependant, en examinant l'origine des alcalis dans l'illite chromifère (avalite) on est forcément amené à penser que sa formation n'a eu lieu qu'avec l'arrivée de solutions de caractère alcalin, lors de la formation de cinabre. L'alumine dans l'illite examinée a son origine dans des solutions d'origine profonde, tandis que le chrome provient évidemment des serpentines, qui en ont cédé aux venues hydrothermales.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur la taille et l'orientation des cristallites des constituants de charbons examinés par diffraction des électrons.* Note de M. CHARLES ALEXANIAN, présentée par M. Gustave Ribaud.

Les charbons, étudiés souvent par la diffraction des Rayons X ⁽¹⁾, ⁽²⁾, ⁽³⁾, le sont rarement par la diffraction des électrons où l'exécution des diagrammes s'effectue pourtant dans des conditions bien plus favorables : faisceau des électrons très fin et parfaitement monochromatique, examen visuel et souplesse de réglage de l'échantillon dans un vide poussé, enregistrement instantané des diagrammes, etc. Aussi avons-nous adopté ce moyen pour examiner de minuscules particules (éclats ou écailles) de constituants des charbons, à l'état naturel, plus particulièrement de la vitrinite et des coques de différente provenance. Voici un résumé de nos premières constatations.

Nous avons utilisé, à cet effet, un diffractographe Trüb-Taüber travaillant à un régime constant de 0,05 mA sous 40 kV, le faisceau des électrons émergeant d'un collimateur de 0,1 mm d'ouverture. Le temps de pose pour l'obtention des diagrammes a été chaque fois de quelques dixièmes de seconde à peine. Nous les avons enregistrés, soit par diffusion centrale aux petits angles ⁽⁴⁾, soit par transmission directe du faisceau d'électrons à travers de petites et minces particules de matière.

L'enregistrement microphotométrique des diagrammes a été effectué ensuite avec le microdensitomètre Vassy.

a. *Résultats obtenus par la diffusion centrale aux petits angles.* — L'aspérité infime de la matière sur laquelle tombe le pinceau d'électrons lui évite de former un point d'impact sur l'écran fluorescent, mais cette rencontre fait apparaître sur ledit écran, autour de ce point, une diffusion lumineuse que

⁽¹⁾ H. E. BLAYDE, J. GIBSON et H. L. RILEY, *Proceedings British Coal Utilisation Research Ass.*, 1944, Londres, p. 176-231; *Ibid.*, O. P. RILEY, p. 232-239.

⁽²⁾ R. E. FRANKLIN, *Acta Cryst.* 4, 1951, p. 253-261.

⁽³⁾ J. B. NELSON, *Fuel*, 33, 1954, p. 153-175 et 381-393.

⁽⁴⁾ A. GUINIER, *Thèse, Ann. Phys.*, 11^e série, 12, 1939, p. 179-210.

l'on centre par vision directe. Son extension est liée à la structure de la matière (jusqu'à une épaisseur de $0,1\ \mu$) et, plus particulièrement, à la grosseur et au désordre éventuel de ses particules ou cristallites en cet endroit. Nous avons photographié cette diffusion, enregistré la courbe ($\text{Log } I, \varepsilon^2$) où I est l'intensité du faisceau diffusé et ε l'angle de diffusion, et dont la partie rectiligne aux petits angles nous a conduit à la détermination d'un *rayon de giration* définissant une grosseur *moyenne* de particules ou de cristallites. Nous avons alors trouvé les nombres suivants :

Contituant.	Rayon de giration ($\text{\AA}$).	Teneur en carbone du charbon rapportée à la matière organique (%).
Produit de dissolution de <i>vitrite</i> (Sainte-Fontaine)...	21	—
<i>Vitrite</i> { Gargan.....	29	
{ Sainte-Fontaine.....	33	84,5
{ Decazeville.....	34	
<i>Coke</i> { Sainte-Fontaine.....	37	85 carbone (*)
{ Camphausen.....	46	86,3 »
{ Carmaux.....	48	87,6 »
{ Dourges.....	56	89 »

(*) Température de cuisson ($1950^\circ \pm 20^\circ \text{C}$).

b. Résultats obtenus d'après l'élargissement des raies (002) et (100). — Nous avons obtenu par transmission à travers des paillettes de coques $\leq 0,5\ \text{mm}$, mentionnés ci-dessus, des diagrammes *analogues* à ceux du graphite dont certains parfaitement *orientés*. Nous y avons identifié les raies de diffraction jusqu'au plan (004). Nous avons calculé alors d'après la largeur des anneaux (002) et (100), la longueur des axes c et a en nous servant de la formule classique $d_{hkl} = K\lambda/L_{1/2} \cos\theta$ avec $\lambda = 0,06\ \text{\AA}$, et nous avons trouvé les grandeurs suivantes :

Cokes (*).	$c(002)$ avec $K = 0,92$	$a(100)$ avec $K = 1,84^{(5)}$	Observations.
	($\text{\AA}$).	($\text{\AA}$).	
Sainte-Fontaine.....	29	42	Raies élargies, relativement floues ;
Carmaux.....	40	60	Raies assez fines sans orientation ;
Camphausen.....	41	60	Raies fines, faiblement orientées ;
Dourges.....	60	82	Raies fines, très bien orientées ;

(*) Température de cuisson ($1950^\circ \pm 20^\circ \text{C}$).

Nous y constatons : 1° une concordance satisfaisante avec les nombres du rayon de giration obtenus par la diffusion centrale aux petits angles ;

(5) B. E. WARREN, *Phys. Rev.*, 59, 1941, p. 693.

2° une augmentation progressive de la taille des cristallites avec la teneur en carbone du charbon dont dérive le coke; 3° une orientation *préférentielle* des cristallites de certains coques expliquant ainsi leur *anisotropie* optique⁽⁶⁾. C'est une contribution importante et *nouvelle* qu'apporte la diffraction des électrons à nos connaissances sur les charbons.

Ainsi, les cristallites dans les coques présenteraient une structure feuilletée analogue à celle du graphite. Les feuillets seraient plus ou moins développés, ou plus ou moins régulièrement orientés selon la nature des coques; leur extension et la régularité du carrelage hexagonal augmentant dans la série des coques ci-dessus, de Sainte-Fontaine à Dourges : de 6 à 12 feuillets le long de l'axe c , et de 200 ($a = 40 \text{ \AA}$) à 800 ($a = 80 \text{ \AA}$) hexagones par feuillet, *au maximum*.

Par contre, la vitrinite serait formée de cristallites plus petits sans aucune organisation. Nous n'avons pas pu révéler, en effet, de raies de diffraction dans ses diagrammes au cours de notre travail.

Enfin, nous considérons les valeurs numériques ci-dessus comme des dimensions suffisamment précises, mais non des grandeurs absolues. Elles nous donnent une idée *claire* de l'ordre et de la variation relative des dimensions des cristallites formant certains constituants des charbons.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Calcul graphique des déterminants de J. Karle et H. Hauptman*. Note de M. GÉRARD VON ELLER, présentée par M. Paul Pascal.

La recherche des signes des facteurs unitaires $U_H (U_H \leq U_0 = 1)$ d'une structure cristalline au moyen des déterminants de J. Karle et H. Hauptman⁽¹⁾ nécessite facilement le calcul de plusieurs myriades de mineurs diagonaux « définis positifs » ayant pour terme général $U_{lc} (l, c, \text{numéros de ligne et de colonne; } lc \text{ mis pour } H_l - H_c = H)$. Il a été démontré ailleurs⁽²⁾ :

a. que l'on peut substituer à l'étude des mineurs diagonaux d'ordre trois celle des relations

$$(1) \quad \gamma = \varphi_{0,12}^+ + \varphi_{0,13}^+ + \varphi_{0,23}^+ \quad (\varphi_{0,lc}^+ \equiv \arccos |U_{lc}|; \varphi_{0,lc} \equiv \arccos U_{lc}) :$$

lorsque $\gamma < \pi$, le produit $U_{12} U_{13} U_{23}$ est nécessairement positif;

b. que la condensation d'un déterminant D_0 de Karle-Hauptman suivant la règle de Chio (le pivot étant choisi sur la diagonale principale) conduit, à un facteur positif de proportionnalité près, à un déterminant D_1 également « défini positif », dont les mineurs diagonaux d'ordre trois, en particulier,

(6) B. ALPERN et S. DURIF, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2099.

(1) *Acta Cryst.*, 4, 1950, p. 181.

(2) G. VON ELLER, *Acta Cryst.*, 8, 1955, p. 641.

équivalent à ceux d'ordre quatre de D_0 . Plus généralement, une condensation répétée n fois entraîne une équivalence entre les mineurs diagonaux d'ordre $3 + n$ de D_0 et ceux d'ordre 3 de D_n , que l'on peut alors étudier au moyen de relations du type (1) en considérant leurs éléments comme les cosinus d'angles $\varphi_{n,lc}$;

c. que les éléments de D_{n+1} ont pour expression trigonométrique

$$\cos \varphi_{n+1,12} = \frac{\cos \varphi_{n,12} - \cos \varphi_{n,13} \cos \varphi_{n,23}}{\sin \varphi_{n,13} \sin \varphi_{n,23}}$$

et que, par conséquent, $\varphi_{n+1,lc}$ est à considérer comme l'angle au sommet d'un triangle sphérique de côtés $\varphi_{n,12}$ (opposé à $\varphi_{n+1,12}$), $\varphi_{n,13}$ et $\varphi_{n,23}$.

La propriété c est précieuse car elle permet de résoudre les déterminants de Karle-Hauptman uniquement à partir de leurs transformées angulaires (tableaux où chaque élément est remplacé par son arc cosinus). En effet les φ_{n+1} peuvent être mesurés sur les constructions géométriques des triangles sphériques, ou, mieux, des projections stéréographiques de ces triangles (on sait que ce type de transformations conserve leurs valeurs aux angles).

Nous avons adopté la seconde solution et utilisé un réseau stéréographique de Wulff gradué de 2 en 2° de gauche à droite et de haut en bas. Sans détailler l'emploi de ce réseau dont l'usage est très répandu en cristallographie descriptive — dans un but, il est vrai, totalement différent —, nous spécifierons que $\varphi_{n,13}$ est choisi comme base et représenté sur le cercle limitateur du graphique de Wulff à partir de l'un de ses pôles : $\varphi_{n+1,12}$ est ainsi mesuré par la longitude du côté $\varphi_{n,23}$. Pratiquement le seul tracé nécessaire concerne le cercle lieu de l'extrémité de $\varphi_{n,23}$; il sert successivement à la résolution de tous les triangles sphériques admettant cet arc pour troisième côté. Les manipulations qui conduisent ensuite à la mesure de $\varphi_{n+1,12}$ sont rapides et analogues à celles que l'on effectue pour obtenir le produit de deux nombres au moyen d'une règle à calcul : un signet, déposé à l'intersection des arcs $\varphi_{n,23}$ et $\varphi_{n,12}$ pour marquer le troisième sommet du triangle sphérique, joue le rôle du curseur.

En principe, la méthode est applicable à n'importe quels déterminants « définis positifs », et même généralisable à d'autres déterminants symétriques en complétant le graphique hors du cercle de limitation. Mais le but visé étant ici plutôt la rapidité que la précision, les φ sont évalués en nombres entiers de degrés (un réseau de Wulff de modèle courant ne permet d'ailleurs probablement pas une mesure beaucoup plus fine). Cette approximation, qui interdirait sans doute un calcul rigoureux, ne s'est pas avérée excessive pour l'étude systématique des mineurs de Karle-Hauptman d'ordre supérieur à trois, qui reçoit ainsi sa première solution praticable.

GÉOLOGIE. — *Sur des conglomérats dévoniens aux galets fracturés des Rehamna (Maroc occidental)*. Note de M. MARCEL GIGOUT, présentée par M. Paul Fallot.

Les galets de certains conglomérats dévoniens situés dans la zone des phyllades du métamorphisme régional des Rehamna présentent des cassures de deux sortes : de cisaillement et de traction, dont les principaux caractères sont résumés ici.

Dans une Note précédente ⁽¹⁾ j'ai précisé que des conglomérats d'âge dévonien, situés dans la partie Nord du massif ancien des Rehamna, se poursuivent dans la zone supérieure du métamorphisme régional lié à l'orogénèse carbonifère; ils y présentent des déformations dont, en attendant une analyse détaillée, il convient de résumer ici les particularités.

Au douar Tazert, l'un de ces conglomérats est remarquable par l'abondance des cassures que portent ses éléments. Il a une stratification nette, marquée par des lits de compositions différentes, et une schistosité qui est évidente dans le phyllade formant ciment. Stratification et schistosité sont confondues, inclinées à 80° Nord-Est. Les galets sont déformés : systématiquement aplatis dans le plan de schistosité, et allongés parallèlement ce qui donne à la roche une linéation manifeste, qui est ici horizontale et par conséquent orientée Nord-Ouest-Sud-Est. La plupart des galets sont siliceux, quelques-uns calcaires. Les premiers présentent toujours des cassures rapprochées, qui sont rares chez les seconds. Une étude statistique de ces plans de cassures met en évidence deux groupements aux caractères différents. On peut ainsi distinguer :

1° des cassures obliques, à 60° du plan de schistosité; ce sont les plus fréquentes; elles sont espacées, onduleuses, aux lèvres écartées, et produisent des décrochements en échelons dans le sens qui aplatit et allonge les galets;

2° des cassures transversales, presque perpendiculaires à l'aplatissement et à l'allongement; deux fois moins abondantes que les précédentes, leurs caractères sont moins constants; elles sont souvent rapprochées, régulièrement parallèles entre elles surtout à la périphérie des galets. Leurs lèvres sont modérément écartées, avec un glissement latéral faible. Par leur orientation, elles sont évidemment sans influence sur l'aplatissement des galets, mais concourent à son allongement.

L'examen au microscope des lèvres et du remplissage des cassures établit que :

1° les cassures obliques ont été baillantes à l'origine; puis le vide formé a été colmaté par un dépôt de calcite ferrugineuse;

2° les cassures transversales, au contraire, se sont écartées progressivement,

(1) *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2249.

comme le prouve le fait que les lèvres sont réunies par des trabécules fibreux de quartz, de mica blanc, et dans un cas du matériel opaque qui forme alors le ciment du grès; ces trabécules ont un tracé sinueux par la combinaison de l'écartement et d'un léger glissement latéral des lèvres; il est donc certain que leur cristallisation a marché de pair avec la déformation. Ces cassures ont tendance à se subdiviser dans le cœur des galets en un réseau fin, qui désagrége les grès et quartzites, ou en fissures intragranulaires du quartz, soulignées par des inclusions liquides.

Dans les deux cas il arrive que la fracturation ait été précédée d'un étirement de quelques assises de grains de quartz: cet étirement a lieu dans le sens de la linéation d'allongement du galet pour les cassures transversales, et dans une direction oblique pour les autres cassures.

Les extinctions roulantes sont de règle sur les lèvres des cassures, mais moins fréquentes à l'écart, ce qui indique une certaine stabilité de la roche depuis sa déformation au Carbonifère.

Les galets siliceux du conglomérat du douar Tazert sont donc un excellent matériel pour l'étude de la fracturation des roches au début de l'épimétamorphisme; nous avons reconnu les cassures dites de cisaillement dont la genèse est encore énigmatique, celles de traction, et précisé certains de leurs caractères.

Une étude attentive montre que les cassures ne sont pas seules responsables de la déformation des galets du douar Tazert, mais qu'intervient aussi une déformation plastique. En effet les arêtes que les galets présentent fréquemment dans le plan de schistosité sont à peu près rectilignes, au lieu de former des zigzags pour suivre les décrochements des cassures obliques. On retrouve dans d'autres gisements voisins, des fracturations de galets, moins importantes, associées à des déformations plastiques que nous décrirons prochainement. Celles-ci l'emportent à mesure qu'on s'enfonce dans les zones du métamorphisme régional. Un cas intéressant est celui des galets d'un conglomérat de Sidi Abdallah (2 km à l'Ouest du marabout). On n'y voit que des cassures obliques à l'allongement; d'ailleurs abondantes, elles font avec la schistosité un angle plus faible qu'au douar Tazert (10° en moyenne) et la statistique montre en outre qu'il y a convergence entre cassures et schistosité. Ceci éclaire le problème de la disparition des cicatrices de cassures obliques quand on gagne les zones profondes: la poursuite de la déformation plastique tend à confondre les cassures anciennes avec la schistosité. Mais en aucun cas, dans le Nord des Rehamna, celle-ci n'a pour origine une fracturation du type décrit par les anglo-saxons sous le nom de « *fracture cleavage* ». D'ailleurs une recristallisation intervient également dans cette cicatrization; c'est ainsi qu'il ne reste pas trace, dans les zones plus profondes, des cassures transversales.

Ainsi le Nord des Rehamna offre, dans une progression assez simple du

métamorphisme régional, des exemples de conglomérats déformés favorables à des recherches qualitative et quantitative de pétrographie structurale, domaine encore riche en inconnues, et vierge au Maroc.

GÉOLOGIE. — *Une nouvelle zone anticlinale profonde au Sud-Est de Bordeaux.*

Note de M^{lle} MAURICETTE VEILLON et M. MICHEL VIGNEAUX, présentée par M. Pierre Pruvost.

Un grand nombre de forages de recherche d'eau profonde a été effectué dans la vallée de la Garonne afin d'alimenter en eau potable les agglomérations alignées sur les deux rives du fleuve. Ces forages captent pour la plupart l'importante nappe qui imprègne la puissante masse sableuse, représentant la majeure partie des terrains d'âge Éocène inférieur. Or, la limite supérieure de cette formation sableuse, marquée par l'apparition des calcaires détritiques du Lutétien, présente un grand intérêt tectonique. En effet, elle épouse en les adoucissant, les déformations du sommet du Crétacé supérieur, de sorte que les accidents anticlinaux et synclinaux qui affectent d'une manière brutale les calcaires maestrichtiens, sont reproduits sous forme de molles ondulations. La raison en est simple; par suite de phénomènes de comblement, la série sableuse de l'Éocène inférieur, élément meuble par excellence, est beaucoup plus épaisse dans les cuvettes que sur l'axe des dômes.

Un forage implanté au village de Paillet (30 km au Sud-Sud-Est de Bordeaux) sur la rive droite de la Garonne, nous permet de relever la coupe stratigraphique suivante :

a. 6 m de limon plus ou moins sableux, avec lits de graviers, témoins de l'alluvionnement de la Garonne pendant le Quaternaire;

b. 25 m de marne jaunâtre renfermant un léger pourcentage de sable grisâtre, glauconieux, à grain fin. Cette couche représente le Sannoisien;

c. une succession de couches, épaisse de 104,90 m, comprenant : un calcaire gris, détritique, avec lentilles de sable moyen (26 m); un sable fin grisâtre, légèrement argileux avec quelques petits nodules ferrugineux (20 m); une marne sableuse grisâtre fossilifère (18 m) et un calcaire de même couleur, riche en grains de quartz (40,90 m). Tous ces niveaux renferment une faune permettant de les dater de l'Éocène moyen.

d. 40,10 m de sables gris verdâtre, fossilifères à grain moyen ou grossier, avec fragments de lignite et de grès grisâtres, d'âge Éocène inférieur. Le forage n'a pas traversé totalement cette formation.

La cote de l'orifice étant + 15 m, le sommet de l'Éocène inférieur se situe à — 120,90. A Rions, sur la même rive (2,5 km au Sud-Est), cette limite se place à la cote — 194,65.

Nous assistons ainsi à un mouvement de descente bien marqué des couches

éocènes en direction du Sud-Est. Il en est de même vers le Nord-Ouest. A Langoiran (2 km environ au Nord-Ouest de Paillet) la limite Éocène inférieur-Lutétien se situe à — 130,50.

Il résulte de ces quelques nombres que les couches éocènes dessinent sous les environs de Paillet une ondulation anticlinale adoucie, reflet d'un accident tectonique probablement plus accusé en profondeur.

Cette découverte est confirmée par l'absence d'Éocène supérieur dans la succession relevée plus haut.

En effet, une telle lacune stratigraphique prouve bien l'existence, à Paillet, à la fin du Lutétien, d'une crête émergée contre laquelle ont buté sans la recouvrir les eaux de la mer de l'Éocène supérieur. Vers le Nord-Ouest les sédiments lédo-ludiens sont au contraire bien caractérisés et présentent une puissance considérable (plus de 100 m dans le synclinal de Bordeaux).

D'autre part, les couches lutétiennes montrent un faciès très détritique tout-à-fait particulier de calcaires grossiers et de marnes caractérisant une sédimentation peu profonde. Ce faciès diffère de façon notable de celui de type néritique que présentent les dépôts du même âge dans la cuvette bordelaise où les calcaires prédominent. La faune rencontrée dans ces niveaux témoigne sous Paillet d'un retrait insensible, mais progressif, de la mer. La régression ne semble pas s'être manifestée comme un phénomène continu, mais a été coupée de tentatives transgressives de courte durée. Ces variations de régime sont l'écho des mouvements tectoniques d'origine pyrénéenne qui ont affecté la zone intéressée dès les temps lutétiens et provoqué sa surrection à l'Éocène supérieur.

Le sous-sol de Paillet est ainsi perturbé par un accident anticlinal important. Cet accident présente une orientation axiale Sud-Ouest-Nord-Est; sa continuation vers le Nord-Est est soulignée par une très légère ondulation des couches oligocènes. Vers le Sud-Ouest, il pourrait être la cause de la surélévation des calcaires crétacés de Villagrains-Landiras qui se situeraient ainsi au point de jonction de deux directions tectoniques.

GÉOLOGIE. — *Les rapports entre schistes lustrés et terrains briançonnais en Haute-Ubaye (Basses-Alpes)*. Note (*) de M. MAURICE GIDOX, transmise par M. Léon Moret.

Les travaux de F. Blanchet ⁽¹⁾ ont montré que dans la région comprise entre Ceillac et Maurin, le mésozoïque de la zone briançonnaise recouvre, par contact anormal, une épaisse série schisteuse attribuée, autrefois (P. Termier, W. Kilian), aux « schistes lustrés ».

(*) Séance du 14 décembre 1955.

(1) *Étude géologique des montagnes d'Escreins*, 1934, Thèse, Paris.

Ce complexe schisteux « du Col Girardin » se prolonge, au Sud-Est par le vallon et le col de Mary, jusque dans la valle del Maurin, en Italie. *Les schistes de cette zone ne peuvent en aucun cas être assimilés aux schistes lustrés* : en effet l'on n'y trouve jamais de roches vertes et ces schistes forment la couverture normale de noyaux anticlinaux triasico-jurassiques, à série typiquement briançonnaise (faciès du sillon de Balard). Le seul caractère aberrant de cette série, que l'on peut rapporter au Crétacé et au Nummulitique ⁽²⁾, est son épaisseur, assez remarquable puisqu'elle dépasse 400 m sous la Tête de Miéjour. Mais il faut remarquer que dans l'unité briançonnaise des Aiguilles de Chambeyron ⁽³⁾ on trouve des terrains d'âge et de faciès analogues avec une épaisseur, compte tenu des repliements tectoniques, tout à fait comparable.

Je considère donc que la zone du col Girardin appartient au Briançonnais franc et qu'il n'y a pas lieu de l'en détacher pour en faire une « zone intermédiaire » ⁽⁴⁾ de passage latéral aux schistes lustrés.

Dans le vallon de Mary ce complexe schisteux est serré tectoniquement entre deux bandes de terrains qui sont, à l'Ouest la zone de Chillol-Marinet et, à l'Est celle du Roure, culminant à la Pointe Haute de Mary (3 206 m). Ces deux unités sont essentiellement constituées par un matériel siliceux : « Andésites » et Verrucano permien, Quartzites werféniens pour la première; Verrucano et Quartzites pour la seconde.

La bande siliceuse de Chillol se renverse au Nord-Est sur le complexe du col Girardin et le chevauche, par l'intermédiaire d'une frange de terrains mésozoïques plus ou moins laminés et à faciès briançonnais, qui appartiennent, au moins en partie, à la couverture simplement décollée du complexe de Chillol. Par contre, la bande siliceuse du Roure ne présente en aucun point de terrains montrant la séquence des faciès briançonnais : elle est constituée par une série renversée, formant une lame couchée vers l'Est. C'est sur le Verrucano du dos de cette lame que se trouve refoulée par l'intermédiaire d'une zone d'écailles complexes ⁽⁵⁾, injectée de gypses ou de cargneules, la série du col Girardin. Au Nord de l'Ubaye la lame siliceuse du Roure se lamine entièrement; c'est alors sur les schistes lustrés vrais (avec roches vertes) que repose la série de Girardin.

⁽²⁾ Opinion déjà émise par BLANCHET et J. GOGUEL, *C. R. Collab. Carte Géol. de la France*, n° 212, 1943.

⁽³⁾ M. GIDON, *C. R. somm. Séances Soc. Géol. Fr.*, n° 1-2, 1955, p. 21.

⁽⁴⁾ F. BLANCHET, *loc. cit.* Encore moins soutenable paraît le parallélisme indiqué par cet auteur entre sa « zone intermédiaire » et celle du Gondran, si l'on s'en réfère aux travaux de M. Lemoine.

⁽⁵⁾ Spécialement développées au col de Bramousse, au col Tronchet et dans le bas vallon de Mary, le gypse est surtout présent à Ceillac, dans le vallon de Mary et en Italie.

En effet, c'est sur ces schistes lustrés que se trouvent renversés les quartzites du Roure. Le contact de ces terrains est fort net, le long des crêtes entre Combrémont et la frontière italienne (Serrière de la Testetta, Dents de Maniglia) et même bien au-delà. *Ce contact apparaît à peu près indubitablement stratigraphique* : on y observe, en effet, des termes intermédiaires parfaitement continus et concordants, aussi bien avec quartzites qu'avec schistes lustrés et sur une grande distance dans le sens du chaînon. Il s'agit d'une série assez réduite en épaisseur, et fortement recristallisée dont l'étude pétrographique est en cours. Dès maintenant on peut y distinguer à la base un horizon, peu épais (20-50 m) de calcaires marbreux, clairs, qu'il faut sans doute rapporter au Trias moyen. C'est peu au-dessus de ce niveau que s'intercalent les lentilles de roches vertes exploitées comme marbre à Maurin ⁽⁶⁾.

J'ai relevé, par ailleurs, à la base des schistes lustrés du col Longet (sources de l'Ubaye), sur les « micaschistes » qu'ils recouvrent la présence de niveaux de calcaires très cristallins, tout à fait analogues à ceux du Roure. J'ai fait également de telles observations dans la partie haute de la valle del Maurin (Italie).

Il apparaît, dès lors, que le complexe du col Girardin se trouve pincé entre deux masses siliceuses dont la signification est très différente : *La masse siliceuse Chillol-Marinnet se rattache au Briançonnais, au contraire la lame du Roure constitue le substratum d'une série de schistes lustrés typiques* (quoique relativement peu métamorphiques). Le complexe du col Girardin appartenant lui-même au Briançonnais franc il en résulte que le passage de cette zone aux schistes lustrés se fait brutalement par une ligne de dislocation, soulignée de gypses et cargneules. *Dans ces conditions cette ligne de dislocation doit être interprétée comme la zone des racines, cicatrisée, des nappes briançonnaises de la Haute-Ubaye.*

On peut signaler, enfin, que le renversement de la série du Roure s'explique aisément dans l'hypothèse de mouvements tardifs de rétro-charriage (J. Goguel). Ces mouvements auraient, du même coup poussé, sur la zone des schistes lustrés, le complexe de Girardin ainsi que les noyaux mésozoïques qu'il faut lui rattacher, à cause de leur série stratigraphique, tels celui du rocher de l'Eyssassa et celui du Péouvou qui « flottent » actuellement sur les schistes lustrés.

(6) A la carrière même les roches vertes sont en contact presque direct avec les quartzites par suite d'un laminage local qui s'amplifie vers le Nord.

GÉOPHYSIQUE. — *Anomalies isostatiques du Luxembourg*. Note (*) de M^{lle} SUZANNE CORON et M. ALBERT GLODEN, présentée par M. Pierre Lejay.

Quatre-vingt-seize observations ont été effectuées en 1948 avec un gravimètre North American. Une première carte donnant les anomalies de Bouguer a été publiée en 1952 ⁽¹⁾.

La carte ci-dessous donne les anomalies isostatiques calculées dans l'hypothèse d'Airy pour une épaisseur de l'écorce de 30 km. L'homogénéité de la carte est assurée à mieux que 1 mgal; le réseau luxembourgeois établi par MM. Cagniard et Gloden avec un appareil de l'Office de la Recherche scientifique et technique d'Outre-Mer, est rattaché à l'Observatoire de Paris ($g = 980,943$ gals); les valeurs de pesanteur du réseau belge ont été augmentées de 1 mgal pour tenir compte de la différence entre la valeur adoptée à Uccle par les géodésiens belges et celle que J. Martin a obtenue dans le cadre du réseau gravimétrique homogène français; d'ailleurs, la comparaison des valeurs obtenues à Bastogne ⁽²⁾ et Martelange par les observateurs belges et luxembourgeois, ainsi que le raccordement avec l'Allemagne par MM. Cagniard et Goudey ⁽³⁾ justifient cette correction.

L'anomalie de Bouguer moyenne est de -7 mgal tandis que l'anomalie isostatique moyenne est de 25 mgal. Cette dernière valeur indiquerait une surcompensation qui correspond à 200 m environ de masses au-dessus du géoïde (l'altitude moyenne du Grand-Duché est comprise entre 300 et 400 m); on notera que d'après les nivellements récents belges, la région à l'Ouest et au Nord du Luxembourg est une zone de surrection. Ces nombres varient peu avec le système de compensation isostatique envisagé: pour une profondeur de compensation rejetée à 60 km, l'anomalie moyenne est de 21 mgal, tandis qu'elle est de 22,5 mgal dans l'hypothèse de compensation régionale (Vening Meinesz, $T = 30$ km, $R = 116,2$ km). Les variations d'altitudes sont trop faibles pour permettre un choix basé sur la dispersion des anomalies par rapport à une valeur moyenne.

Au Nord, les isanomales, peu serrées et régulières, ont la direction Sud-Ouest-Nord-Est; l'axe de pesanteur maximum se poursuit sur l'Ardenne belge et se trouve dans le prolongement de failles importantes de l'Eifel; il ne correspond pas aux stations de plus forte altitude et ne coïncide pas avec la région la plus élevée (au Nord-Ouest, celle-ci est

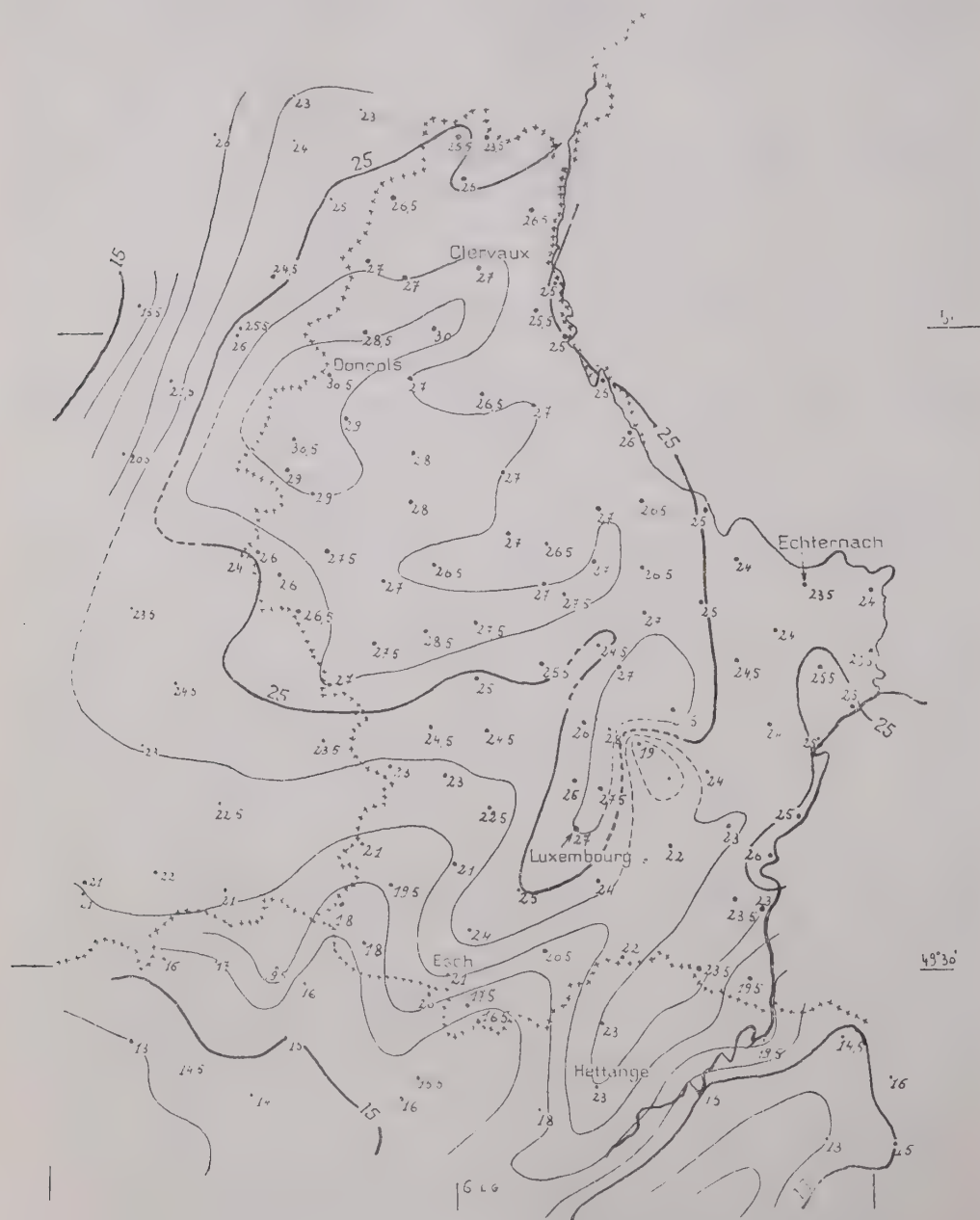
(*) Séance du 14 décembre 1955.

(¹) GLODEN, *Ciel et Terre*, 70^e année, nos 5-6, mars-avril 1954. Quelques corrections ont été apportées récemment aux altitudes des points d'observation.

(²) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 964.

(³) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 896.

située parallèlement à environ 10 km). C'est sur le versant Nord-Ouest de ce sommet gravimétrique que l'on observe le plus fort gradient (en territoire belge) tandis que les valeurs maxima, de 30 mgal, se trouvent au Sud-Ouest de Clervaux et de Doncols.



Anomalies isostatiques du Luxembourg établies dans l'hypothèse d'Airy, $T = 30$ km.
Équidistance des isanomaes : 1 mgal.

Au contraire, sur les sédiments secondaires du « Golfe du Luxembourg », les isanomales présentent des ondulations très marquées, de faible amplitude, qui pourraient être attribuées à des écarts de densité superficielle. La direction générale reste celle des plis hercyniens Sud-Ouest-Nord-Est; toutefois des accidents de direction perpendiculaire apparaissent près d'Echternach et au Nord-Est de Luxembourg (de nouvelles mesures seraient là indispensables pour confirmer l'orientation des isanomales et le gradient supérieur à 2 mgal/km). Nous pouvons noter que l'avancée des fortes anomalies, située près de la Moselle et se prolongeant en France dans la direction de Hettange correspond à la région de plus basse altitude (voisine de 200 m). Plus au Nord, une autre pointe, fortement accusée, de Esch-sur-Alzette à Luxembourg, est limitée sur le bord Sud-Est par une faille importante.

GLACIOLOGIE. — *Sur l'application de la photogrammétrie terrestre à l'étude de la Mer de Glace.* Note (*) de M. **ROLAND MILLECAMPS**, présentée par M. Georges Poivilliers.

L'application de la photogrammétrie terrestre à la cadence de deux vues par jour à l'étude du mouvement d'un tronçon de la Mer de Glace, met en évidence un mouvement sinueux des particules de la glace superficielle.

Une étude des variations du glacier de la Mer de Glace (massif du Mont Blanc), effectuée en 1953 au moyen de restitutions photogrammétriques au 1/10 000^e de couples de vues aériennes prises par l'Institut Géographique National en 1939 et 1952 a permis de réaliser avec une approximation de ± 1 m d'intéressantes comparaisons entre les deux états du glacier : diminution en longueur et en épaisseur de la langue glaciaire, ouverture de crevasses et de rimayes, etc. Mais il apparut aussitôt que de tels résultats, importants par leur précision générale et pour les calculs de cubature et de bilan, ne permettent pas d'analyser les petits déplacements ni les déformations de la glace.

En 1954, j'ai abordé l'étude de ces petits mouvements en utilisant sur le conseil de M. Poivilliers, la photogrammétrie terrestre qui permet, outre un plus haut degré de précision que la photogrammétrie aérienne, une cadence d'enregistrement aussi rapide que l'on veut durant plusieurs semaines.

Cette étude a été entreprise sur un tronçon particulier de la Mer de Glace sur lequel on possède déjà, grâce aux sondages et aux résultats des investigations sismiques réalisés par l'Électricité de France, des données importantes relatives à la morphologie sous-glaciaire.

(*) Séance du 19 décembre 1955.

L'appareillage utilisé a comporté deux photothéodolites Zeiss C 3/b pour les prises de vues, un théodolite Wild T 2 pour les opérations topographiques, un stéréocomparateur de Pülfrich pour les restitutions, tous appareils mis à ma disposition par l'Institut Géographique National.

Des piliers bétonnés furent ancrés dans le rocher, pourvus à leur surface de dispositifs permettant l'installation des chambres métriques ou du T 2 dans des positions rigoureusement définies et invariables.

La longueur de la base photogrammétrique est de $102,71 \text{ m} \pm 0,05 \text{ m}$, d'un axe vertical de rotation d'un photothéodolite à l'autre.

Cette base est située sur le versant gauche de la vallée à environ 180 m du glacier qu'elle domine de 120 m. La position des piliers fut rattachée au canevas de la carte au $1/10\,000^{\circ}$ du massif. Le parallélisme des axes optiques des chambres a été réalisé à chaque prise de vues par visées réciproques à $10''$ d'arc près.

Les prises de vues ont été faites deux fois par jour, à 10 h et à 16 h, avec l'aide bénévole de M. Gilbert Bompeix.

J'ai effectué personnellement l'ensemble des opérations de restitution des couples de clichés après avoir dû établir des formules de calcul un peu différentes des formules classiques car j'utilisais pour les prises de vues *simultanées* des chambres métriques de distances focales différentes.

Toutes les photographies embrassent, outre le tronçon étudié, le versant droit de la vallée glaciaire où j'ai pu choisir des repères rocheux : la constance des coordonnées de ceux-ci sur les clichés m'assure que les déplacements enregistrés pour la glace ne résultent pas d'erreurs techniques et représentent des déplacements vrais.

Pour une étude glaciologique, il importe d'enregistrer non seulement les déformations du glacier mais de préciser en grandeur et direction les déplacements du plus grand nombre de points possible, matérialisés par des repères.

Ceux-ci ont été rendus solidaires du glacier par une implantation dont le détail sortirait du cadre de cette Note et dont il suffit de dire qu'ils sont demeurés verticaux, ont fait corps avec la glace en chacun des points considérés et ont constitué des témoins au sens physique du terme, témoins qui ont voyagé avec la couche superficielle de glace.

Les conditions matérielles réalisées permettent d'obtenir selon les axes des X, des Y et des Z, définis par la base, les coordonnées du centre géométrique de chaque repère avec une approximation qui, pour un témoin rapproché, situé à 450 m, est de 0,02 m et, pour les témoins éloignés, reste inférieure à 0,10 m. La méthode et l'équipement employés nous ont donc assuré la possibilité d'effectuer toutes les mesures de déplacement des repères avec une précision qui ne paraît pas avoir été obtenue jusqu'ici dans l'analyse des mouvements de la glace du glacier.

Les prises de vues se sont échelonnées du 31 juillet au 22 septembre 1954 et leur cadence ne fut interrompue que par les très mauvais temps.

Sept repères ont pu être implantés et répartis sur une surface de 10 ha environ. J'ai, en définitive, abouti aux résultats suivants :

1° La projection horizontale du trajet de chaque repère n'est pas, comme on pouvait le penser, à peu près rectiligne. Les positions enregistrées à chaque prise de vues se situent sur une ligne brisée complexe; le chemin parcouru réel doit vraisemblablement être une courbe sinueuse enveloppe de la ligne brisée.

2° L'analyse de ces trajectoires fait apparaître des périodes d'accélération qui alternent assez régulièrement avec des périodes de ralentissement du mouvement.

3° Certaines trajectoires font ressortir quelques retours momentanés en arrière des repères.

Durant la période considérée et sans tenir compte de ces sinuosités, les déplacements moyens entre le point de départ et le point d'arrivée s'échelonnent entre 9,5 et 12,9 m, soit de 17,6 à 23,8 cm par 24 h.

Ainsi, dans une zone transversale d'une dizaine d'hectares, avons-nous pu mettre en évidence, au lieu de l'image classique d'un écoulement régulier et sensiblement rectiligne du glacier, des déplacements complexes des particules de glace superficielle, déplacements dont l'allure générale reste comparable mais non identique pour chacun des repères utilisés.

PHYTOPHYSIOLOGIE. — *Sur la transpiration des Graminées.*

Note (*) de M. **JOSEPH SIVADJIAN**, présentée par M. René Souèges.

A l'encontre de l'opinion générale et à l'appui d'observations anciennes, il a pu être démontré, par la technique hygrophotographique, que le Blé, ainsi que certaines autres Graminées, transpire davantage par la face supérieure des feuilles que par la face inférieure. D'autres espèces, au contraire, transpirent plus activement par la face inférieure que par l'autre face.

C'est un fait connu que les stomates se trouvent, surtout chez les Dicotylédones, sur la surface inférieure des feuilles et que, par conséquent, la transpiration de la face inférieure est beaucoup plus active que celle de la face supérieure, dite transpiration cuticulaire. Mais, en dehors de cette différence, qui caractérise la dorsiventralité des feuilles des Dicotylédones, cette dorsiventralité se caractérise encore par la structure dissymétrique du parenchyme foliaire, qui est composé d'un côté par le tissu palissadique et, de l'autre, par le tissu lacuneux. Chez les Monocotylédones, au contraire, la structure du parenchyme

(*) Séance du 19 décembre 1955.

foliaire étant symétrique, on aurait pu prévoir que la transpiration pourrait se faire avec la même intensité par les deux faces à la fois, ou, tout au moins, qu'il y aurait, conformément à la règle générale, une transpiration plus abondante par la face inférieure que par la face supérieure.



Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 1. — *Zea Mays*. *a*, face supérieure; *b*, face inférieure.

Fig. 2. — *Bromus sterilis*. *a*, face inférieure; *b*, face supérieure.

Toutefois, Dehérain avait montré que la face supérieure d'une feuille de Blé avait, contrairement à la presque généralité des cas, une transpiration bien plus forte que la face inférieure.

« J'ai encore confirmé, disait-il, l'exactitude d'une ancienne observation de Guettard, qui a remarqué que la partie supérieure des feuilles (de Blé), la partie dure et lisse, est celle qui évapore le plus d'eau; on sait, d'après les travaux de M. Boussingault, que ce sont celles qui décomposent la plus grande quantité d'acide carbonique ⁽¹⁾. »

Ce fait avait été contesté par Bürgerstein, dans sa Monographie sur la transpiration des plantes : « Les feuilles de Blé transpirent, d'après Dehérain,

(1) *Comptes rendus*, 69, 1869, p. 381.

écrit-il, d'une façon plus intense par la face supérieure que par la face inférieure, ce qui n'est pas probable, car les stomates de ces feuilles ne se trouvent qu'à la face inférieure⁽²⁾. »

Dehérain attribuait cette forte transpiration de la face supérieure à la richesse en chlorophylle des tissus sous-jacents, par rapport aux tissus de la face inférieure.

Or, ayant eu l'occasion d'étudier sur les feuilles panachées le rôle joué par la chlorophylle dans la transpiration⁽³⁾ et appelé par P. Van Tieghem chlorovaporisation⁽⁴⁾, nous avons voulu vérifier ce rôle également chez le Blé par la technique hygrographique utilisée dans les cas précédents.

Nous avons constaté que si, après avoir sectionné transversalement une feuille de Blé, nous appliquons côte à côte ces deux moitiés sur une plaque hygrographique, la face supérieure de l'une tournée vers celle-ci, ainsi que la face inférieure de l'autre, la transpiration de la face supérieure impressionne la plaque bien plus fortement que celle de la face inférieure, ce qui confirme l'observation de Dehérain et de Guettard relative au Blé, alors que la guttation se produit sur le côté dorsal. Nous avons étendu ensuite ces recherches à d'autres Graminées, ainsi qu'à quelques autres Monocotylédones, en étudiant comparativement, soit les deux moitiés d'une même feuille, soit deux feuilles différentes mais aussi identiques que possible, et recueillies, soit à l'ombre, soit en plein soleil. Nous avons remarqué alors que ces plantes se divisaient en deux groupes, suivant que c'était la transpiration de la face supérieure qui était prédominante ou inversement.

Voici donc une liste, encore trop incomplète, des plantes étudiées.

<i>Kœleria cristata</i>	Transpire davantage par la face supérieure.		
<i>Avena sativa</i>	»	»	»
Blé.....	»	»	»
<i>Agropyrum repens</i>	»	»	»
<i>Glyceria aquatica</i>	»	»	»
<i>Bromus sterilis</i>	»	»	»
<i>Hordeum sativum</i>	»	»	»
<i>Hordeum murinum</i>	»	»	»
<i>Sparganium ramosum</i>	»	»	»
<i>Zea Mays</i>	Transpire davantage par la face inférieure.		
<i>Digitaria sanguinalis</i>	»	»	»
<i>Hemerocallis fulva</i>	»	»	»
<i>Poa annua</i>	»	»	»

⁽²⁾ *Die Transpiration der Pflanzen*, 1, 1904, p. 32.

⁽³⁾ J. SIVADJIAN, *Science*, 117, 1953, p. 606,

⁽⁴⁾ *Bull. Soc. botanique Fr.*, 33, 1886, p. 152.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action de l'acide iodo-acétique sur le mouvement des tiges volubiles*. Note de M. **LUCIEN BAILLAUD**, présentée par M. Raoul Combes.

Des tiges volubiles de *Polygonum baldschuanicum* Regel, détachées de la plante et plongées par leur base dans des solutions d'acide iodo-acétique, ont été affectées d'un ralentissement très net de leur mouvement pour des solutions M/30, M/100 et M/300.

L'étude de l'action de facteurs externes sur le mouvement des tiges volubiles nous a montré que la période de la révolution est soumise à un coefficient thermique élevé ⁽¹⁾ qui parle en faveur d'un phénomène essentiellement chimique. Nous avons donc tenté d'aborder l'étude chimique de la circumnutation; nous allons décrire ici quelques expériences au cours desquelles une modification du mouvement révolutif semble avoir été provoquée par des solutions d'acide iodo-acétique, inhibiteur bien connu de certaines diastases telles que le coenzyme A, la triosephosphate-déshydrogénase et la malicodéshydrogénase ⁽²⁾, ⁽³⁾.

Compte tenu de la masse moléculaire égale à 186 de l'acide iodo-acétique, nous en avons préparé des solutions aqueuses aux concentrations de : 1/30^e, 1/100^e, 1/300^e, 1/1000^e, 1/3000^e et 1/10000^e de molécules-grammes par litre.

Nous avons expérimenté sur des tiges volubiles de *Polygonum baldschuanicum* Regel, de la façon suivante : des tiges vigoureuses étaient sectionnées à une cinquantaine de centimètres de leur sommet; leur extrémité inférieure était d'abord placée dans l'eau ordinaire : dans une enceinte close, à une température constante de 26° C, nous observions alors leur mouvement révolutif normal et nous déterminions la période et la trajectoire de ce mouvement. Puis, à l'eau, nous substituions l'une de nos solutions d'acide iodoacétique, tout en continuant l'observation du mouvement (toujours à 26°).

Avec les concentrations M/1000, M/3000 et M/10000, nous n'avons pas remarqué de modification nette du mouvement. Une tige animée d'un mouvement de période égale à 100 mn, traitée par une solution M/30 a subi, 2 h 45 mn plus tard, un ralentissement de plus en plus marqué (un déplacement angulaire de 90° environ s'effectuant en 1 h); après 5 h 15 mn le sommet s'est immobilisé, sans s'être sensiblement éloigné de sa trajectoire normale. Une tige de période égale à 90 mn, traitée par une solution

(1) L. BAILLAUD, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1986.

(2) F. EBERHARDT, *Z. Botanik*, 40, 1952, p. 332-339.

(3) P. CHOUARD et P. POIGNANT, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 103.

centinormale d'acide iodo-acétique, est déjà nettement ralentie 2 h 45 mn après l'immersion de la base de la tige dans la solution (une révolution complète exige alors 150 mn); un arrêt s'est produit après 6 h 50 mn, la trajectoire ayant progressivement diminué d'amplitude. Avec la concentration M/300, un ralentissement n'est apparu qu'après 3 h 15 mn dans un cas, 3 h 20 mn dans un autre; au cours des 7 h qui ont suivi la mise en place de la solution, nous n'avons pas observé d'arrêt du mouvement, mais l'amplitude de la trajectoire diminuait nettement.

Dans nos conditions d'expérience, le traitement par l'acide iodo-acétique n'a été suivi d'une modification du mouvement révolutif qu'après quelques heures (ce délai correspond sans doute, au moins en partie, au temps mis par la solution à monter dans la tige et à atteindre la zone d'élongation). Il semble qu'aux concentrations M/30, M/100 et M/300 le poison entraîne un ralentissement du mouvement en diminuant la vitesse angulaire du déplacement de la zone d'élongation maximale autour de l'axe de la tige.

HISTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Mise en évidence de pseudo-trachéides dans le bois secondaire de quelques Bruniacées.* Note (*) de M. **ROBERT LEMESLE**, présentée par M. René Souèges.

Dans le xylème de diverses Bruniacées, s'observent des files verticales de parenchyme ligneux sclérifié, effilées, se composant de deux à quatre éléments dont les faces sont munies de ponctuations aréolées, étirées ou elliptiques. Il s'agit de « pseudo-trachéides », particularité histologique, encore peu connue chez les Angiospermes, qui peut être considérée comme une survivance archaïque.

La disposition des constituants du parenchyme ligneux des Bruniacées n'avait fait l'objet d'aucune description détaillée. Ce sujet impliquait de nouvelles recherches.

Dans le bois secondaire des tiges de quelques espèces, nous avons observé, en coupe longitudinale, des éléments de parenchyme ligneux sclérifié, lesquels forment des files verticales effilées aux extrémités; chacune de ces files se compose de deux à quatre cellules allongées dont les faces sont munies de ponctuations aréolées tantôt étirées (type scalariforme), tantôt elliptiques à fentes parallèles ou entrecroisées ne touchant pas le pourtour de l'aréole. Lorsque ces ponctuations sont elliptiques, elles se disposent fréquemment en deux ou trois rangées sur la même face.

Ces files verticales d'éléments de parenchyme sclérifié atteignent une longueur de 350 à 650 μ sur une largeur de 15 à 22 μ . Leurs cloisons transversales lignifiées et creusées de petits pores, sont quelquefois horizontales,

(*) Séance du 19 décembre 1955.

disposées perpendiculairement à l'axe; mais souvent elles s'inclinent par rapport aux parois longitudinales et deviennent fortement obliques; en ce dernier cas, elles peuvent soit rester droites et planes (*fig. 1 A*), soit se plisser et affecter une forme plus ou moins ondulée (*fig. 1 B*).

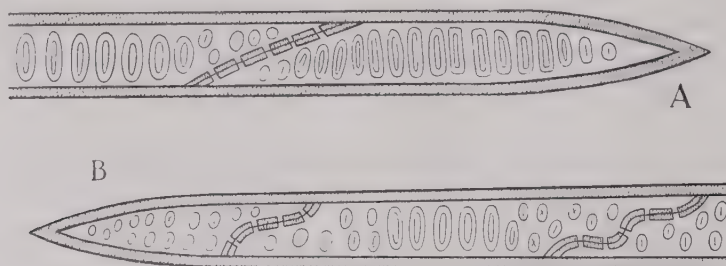


Fig. 1 (schématique). — Portions de pseudo-trachéides de *Brunia laevis*.
En A, une cloison fortement oblique. En B, deux cloisons sinueuses et ondulées.

De telles files verticales d'éléments lignifiés à ponctuations aréolées présentent un aspect morphologique semblable à ces « pseudo-trachéides » signalées par nous précédemment dans le bois secondaire du *Degeneria vitensis* I. W. Bailey et A. C. Sm. ⁽¹⁾. Aussi, les désignerons-nous sous le même terme. Les « pseudo-trachéides » des Bruniacées diffèrent toutefois de celles du *Degeneria* par deux caractères : 1° elles se composent seulement de deux à quatre éléments superposés; 2° les cloisons sont souvent fortement obliques, parfois plissées.

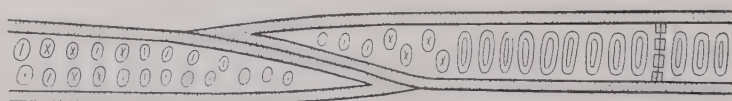


Fig. 2 (schématique). — Portions terminales de deux pseudo-trachéides superposées (même espèce).
A droite, une cloison disposée horizontalement.

C'est chez le *Brunia laevis* Thunb. que ces « pseudo-trachéides » sont le plus richement représentées, juxtaposées ordinairement aux fibres trachéides, par places, aux rayons médullaires; elles se trouvent toujours au voisinage des vaisseaux. Dans cette espèce, on voit fréquemment 2 ou 3 pseudo-trachéides qui se superposent; mais cette superposition ne se continue pas sur de grandes longueurs comme chez le *Degeneria*.

De semblables pseudo-trachéides se rencontrent aussi chez l'*Audouinia capitata* Brongn., le *Tittmannia laxa* Presl., le *Brunia stavioides* Sond., le *Staavia globosa* Sond. Mais, chez ces espèces, les pseudo-trachéides sont moins nombreuses que chez le *Brunia laevis* Thunb. et elles ne tendent guère à se superposer.

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1122.

Ces pseudo-trachéides se rapprochent morphologiquement de ces éléments observés par H. P. Brown, A. J. Panshin et C. C. Forsaith ⁽²⁾ dans le bois du *Larix occidentalis* Nutt. et décrits par ces auteurs sous l'expression de « trachéides en cordon ». Il s'agit ici encore de trachéides cloisonnées; mais elles se distinguent de celles de Bruniacées par leurs cloisons disposées toujours à angle droit, perpendiculairement aux parois longitudinales; elles en diffèrent aussi par la forme circulaire des aréoles ainsi que leurs ouvertures.

M. J. F. Leroy ⁽³⁾ a vu de semblables trachéides cloisonnées dans le bois du *Picea excelsa* L.; il les nomme « trachéides de transition ». Elles peuvent en effet être considérées comme des intermédiaires, des éléments de transition entre les véritables trachéides et les cellules de parenchyme ligneux dépourvues d'aréoles.

La présence de telles « pseudo-trachéides » dans le bois secondaire des Bruniacées, constitue une particularité histologique laquelle semble rare et encore peu connue chez les Dicotylédones. Leur analogie avec les « trachéides en cordon » des Conifères nous amène à les considérer comme une survivance archaïque laquelle se retrouvera sans doute à l'état de vestige ancestral chez d'autres familles d'Angiospermes.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Les lipides des semences d'Euphorbia hiberna* L. et spécialement l'acide myristique. Note (*) de M. RENÉ SALGUES, présentée par M. Marcel Delépine.

Les graines d'*Euphorbia hiberna* L. contiennent 33 % d'une huile constituée par des acides gras liquides (oléique, 76; linoléique, 24) et solides (palmitique, stéarique, myristique, celui-ci dominant), sans oxyacides.

Euphorbia hiberna L. est une des plus belles espèces d'Euphorbes de la flore française. Elle appartient à certaines formes de haute altitude de l'Association du Hêtre. Nous avons pu la recueillir en abondance dans la région élevée de l'Aubrac qui s'étend du Nord-Ouest de la Lozère au Nord-Est de l'Aveyron. Elle n'a aucun emploi; elle est dédaignée du bétail; son latex n'est pas utilisé pour la capture frauduleuse du poisson, ainsi que nous l'avons vu en Europe centrale. Nous étudierons ultérieurement ce latex.

Les graines sont grisâtres; leur tégument est lisse. Elles sont plutôt grosses (100 pèsent 0,9726 g alors que 100 d'*E. nicæensis* pèsent 0,2033 g

(2). *Textbook of wood Technology*, 1, *The minute structure of Coniferous woods*, M. C. Graw-Hill Book Company, New-York, Toronto, London, 1949.

(3) Communication par l'auteur d'un travail non encore publié.

(*) Séance du 19 décembre 1955.

et 100 d'*E. exigua*, 0,0187 g). La décortication en est difficile, au point que nos essais chimiques portent sur l'intégralité de la semence.

L'amande ne fait pas corps avec le tégument séminal mais la séparation en est peu aisée; toutefois, en moyenne, 100 g de graines contiennent 86 g d'amandes, 14 g de périsperme. Le goût en est violemment âcre, mais l'ingestion de deux graines n'est suivie d'aucun effet vésicant.

Les semences grossièrement triturées ont été épuisées, dans une allonge de Vigreux, au moyen d'éther de pétrole. Il y a eu quatre épuisements par le même solvant et l'huile obtenue à partir de chacun d'eux n'a différé que par une acidité libre croissante: 1,4, 2,9, 3,6, 4,4, exprimée en pour-cent d'acide oléique. Les huiles extraites ont été rassemblées et, analysées par les méthodes habituelles, ont donné: d_{15} , 0,9210; ind. sapon., 180; ind. iode, 98; ind. acétyl, 3. Le rendement est de 33,2 g % de graines mises en épuisement.

Le tourteau, exprimé à faible pression, laisse sourdre un liquide fortement visqueux orangé-brunâtre de d_{15} 0,942; acid. en ac. oléique, 16,3; ind. sapon., 144; ind. iode, 89; ind. acétyl, 18.

L'indice de réfraction (n_D , 15° C) de l'huile extraite de la graine par épuisement est de 1,4715; le point de congélation — 14° C. La viscosité (appareil de Baume et Vigneron) est de 0,528 à 25° C, de 0,716 à 100° C. Pour ces trois caractères physiques, nous n'avons relevé aucune différence quelle que soit la nature du liquide d'épuisement: ligroïne, benzène, éther sulfurique. L'insaponifiable a été séparé par épuisement de l'huile avec de l'alcool éthylique à 96°; la partie cristallisée en fines aiguilles a été acétylée à l'ébullition. Elle a donné un acétate de phytostéryle qui, purifié par cinq cristallisations dans l'alcool absolu, a pour F 124° C. Les résènes brunâtres abandonnées par ascension capillaire sur les parois du vase, au cours du traitement de l'insaponifiable par l'éther de pétrole, correspondent à 0,4 % de la quantité d'huile analysée. Les rapports phytostérol/résènes sont sensiblement 1 : 3.

Les acides gras totaux ont été dissous dans l'acétone à froid et la solution, congelée. Après filtration, les acides liquides isolés, traités par bromation, ont été épuisés par l'éther qui solubilise le dérivé bromé de l'acide oléique; le résidu a fourni du tétrabromure de linoléyle cristallisé F 115° C. Après calcul, le pourcentage des acides gras liquides s'établit à 76 ac. oléique, 24 ac. linoléique, sans ac. linolénique.

Les solutions acétoniques d'acides gras saturés, soumises à des cristallisations successives, ont permis d'identifier les acides stéarique F 69°, palmitique F 62° et myristique F 54°. Celui-ci existe dans les eaux-mères à l'état presque pur, sans trace des acides précédents, si le nombre de cristallisations dans l'acétone, puis l'alcool anhydre, est suffisamment poussé. Calculé, il représente 66 % des acides solides. Sa véritable nature

ne fait aucun doute, prouvée par son point d'ébullition, les points de fusion et d'ébullition de ses éthers méthylique et éthylique. Soumis à la distillation fractionnée, les esters éthyliques des acides gras passent entre 200 et 225° C, sous 16 mm. Ils confirment par leurs P. M. et indices d'iode la constitution de l'huile : oléate et linoléate d'éthyle, $\pm 220^\circ$; stéarate, palmitate et myristate d'éthyle, $\pm 212^\circ$. L'éventualité de la présence d'un acide-alcool analogue aux acides ricinoléique et dioxy-stéarique est exclue.

PHYSIOLOGIE. — *Mode d'action de l'aurothioglucose et régulation glucostatique de la nutrition.* Note de MM. JEAN MAYER et NORMAN B. MARSHALL, présentée par M. André Mayer.

Une injection d'aurothioglucose administrée à des souris à la dose de 1 mg par gramme de poids corporel (dose mortelle pour 50 % des animaux) provoque l'hyperphagie et une extrême obésité chez près de la moitié des animaux qui survivent à cette injection. L'aurothiomalate, quoique semblable à l'aurothioglucose par sa teneur en or, son poids moléculaire et sa toxicité générale ne cause pas l'hyperphagie et l'obésité ⁽¹⁾. L'obésité induite par l'aurothioglucose est identique, du point de vue métabolique à l'obésité hypothalamique (résultant de la destruction électrolytique des noyaux ventromédiaux), récemment produite et décrite chez les souris ⁽²⁾, ⁽³⁾.

Cette identité a amené à envisager la possibilité d'une action de l'aurothioglucose par l'intermédiaire de lésions hypothalamiques, malgré le fait qu'un certain nombre d'auteurs n'aient pas vu de lésions ⁽⁴⁾, ⁽⁵⁾, ⁽⁶⁾ après son administration. Ce nouvel examen révéla la présence de lésions chez les animaux ayant reçu une injection d'aurothioglucose ⁽⁷⁾. La méthode employée fut la suivante : cinq groupes d'animaux furent examinés : un groupe témoin, un groupe ayant reçu de l'aurothioglucose 24 à 72 h avant d'être sacrifiés, un groupe d'animaux ayant reçu de l'aurothioglucose trois mois avant d'être sacrifiés et qui étaient devenus obèses, un groupe

⁽¹⁾ N. B. MARSHALL et J. MAYER, *Amer. J. Physiol.*, **178**, 1954, p. 271.

⁽²⁾ J. MAYER, R. G. FRENCH, C. Y. ZIGHERA et R. J. BARNETT, *Amer. J. Physiol.*, **182**, 1955, p. 75.

⁽³⁾ J. MAYER et C. Y. ZIGHERA, *Experientia*, **21**, 1955, p. 358.

⁽⁴⁾ G. BRECHER et S. H. WAXLER, *Proc. Soc. Exp. Biol. Méd.*, **70**, 1949, p. 489.

⁽⁵⁾ J. A. OWEN JR, W. PARSON et K. R. CRISPELL, *Metabolism*, **2**, 1953, p. 362.

⁽⁶⁾ R. H. DRACHMAN et J. TEPPERMAN, *Yale J. Biol. Med.*, **26**, 1954, p. 394.

⁽⁷⁾ N. B. MARSHALL, R. J. BARNETT et J. MAYER, *Proc. Soc. Exp. Biol. Méd.*, **90**, 1955, p. 240.

d'animaux qui avaient également reçu une injection d'aurothiogluucose trois mois auparavant mais qui n'étaient pas devenus obèses, et un groupe ayant reçu une dose de 1 mg par gramme de poids corporel d'aurothiomalate 24 à 72 h avant d'être sacrifiés. Tous les animaux auxquels on avait très récemment administré une injection d'aurothiogluucose ont présenté à l'examen histologique des lésions hypothalamiques étendues : hémorragies diffuses ou localisées, œdèmes et dégénération de cellules à des degrés variés. Dans tous les cas, ces lésions touchaient à la région ventromédiale ou étaient localisées dans cette région. Aucune lésion hypothalamique ne fut observée chez les animaux qui avaient reçu de l'aurothiomalate, ou chez les animaux ayant reçu une injection trois mois avant l'autopsie qui n'étaient devenus obèses. Chez les animaux obèses on observait une diminution très marquée du nombre des neurones dans la partie ventrale de l'hypothalamus.

Pour préciser la spécificité des observations faites lors de cette première série expérimentale on injecta à des groupes (de 50 à 100 souris chacun) du thiosulfate mixte d'or et de sodium (doses de 0,5 et 1 mg par gramme de poids corporel) et d'aurothioglucoanilide (doses de 0,80, 1,50 et 3 mg par gramme de poids corporel). Ces composés se sont révélés aussi inactifs que l'aurothiomalate en ce qui concerne la production d'hyperphagie et d'obésité.

Chez le Rat, l'aurothiogluucose ne produit pas d'obésité mais il est beaucoup plus toxique que chez la Souris (ce semble être une propriété générale de tous les composés de l'or). A la dose qui induit l'obésité chez la Souris, l'aurothiogluucose tue tous les animaux dans les trois jours qui suivent l'injection. Si l'on sacrifie des rats ayant reçu 1 mg d'aurothiogluucose par gramme de poids corporel 24 h après l'injection, on s'aperçoit qu'eux aussi présentent des lésions hypothalamiques dans les régions périventriculaires et ventromédiales. Il semble donc que seule la toxicité générale de l'aurothiogluucose empêche l'hyperphagie de se manifester chez le Rat.

Enfin, si l'on administre simultanément à des souris de l'aurothiogluucose et une dose de 2 mg de thiogluucose de sodium par gramme de poids corporel, on les protège contre les lésions hypothalamiques et l'obésité.

Des travaux antérieurs avaient amené à formuler une théorie « glucostatique » de la régulation de l'appétit ⁽⁸⁾, ⁽⁹⁾, ⁽¹⁰⁾, selon laquelle les noyaux ventromédiaux de l'hypothalamus seraient des « glucorécepteurs », sensibles à la glycémie dans la mesure dans laquelle la glucose traverse les membranes cellulaires (glycémie « effective » mesurée par la différence

⁽⁸⁾ J. MAYER, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 652.

⁽⁹⁾ J. MAYER, *Physiol. Rev.*, 33, 1953, p. 472.

⁽¹⁰⁾ J. MAYER, *Nut. Abstr. and Rev.*, 25, 1955, p. 597.

artérioveineuse, ou par les variations de la phosphémie ⁽¹¹⁾ et agissant comme frein, directement ou par l'intermédiaire de relais corticaux, sur les centres hypothalamiques antérolatéraux qui sont les centres activateurs de la prise alimentaire ⁽¹²⁾. Il a été démontré depuis, que, de fait, chez les rats mis au jeûne, la région qui contient ces centres est plus réceptive au glucose et au phosphate que d'autres parties de l'hypothalamus ⁽¹³⁾.

Les résultats présentés dans cette Note confirment l'idée que la région ventromédiale de l'hypothalamus qui règle l'ingestion alimentaire est « glucoréceptrice ». L'or semble pénétrer dans les cellules (qu'il lèse ou détruit) lorsqu'il est lié au glucose, mais n'a pas d'effet sur cette région s'il est lié à des composés où le glucose ne fait pas partie de la molécule. Le thioglucose de sodium empêche cette réaction, probablement par compétition due à sa ressemblance structurelle. Le fait que les souris ayant jeûné pendant 24 h (et dont la glycémie est la moitié de celle de souris ayant libre accès à leur nourriture) sont plus sensibles à l'action de l'aurothioglucose ⁽⁶⁾ milite en faveur de cette interprétation « glucostatique » des phénomènes observés.

PHYSIOLOGIE. — *Sur la régularité d'évolution des poids relatifs de divers organes et tissus au cours de la croissance du Lapin.* Note (*) de M. JOSEF HRACHOVEC, présentée par M. Léon Binet.

La courbe des poids *relatifs* des divers organes au cours de la vie présente une partie ascendante, un *maximum* à une époque différente pour chaque organe et une partie descendante bien que la courbe de leurs poids *absolus* soit superposable à la courbe de croissance de l'animal. L'ordre de classement des organes d'après l'époque où leur poids relatif est maximum, est le même chez le Lapin que chez l'Homme.

L'étude des modifications de la composition chimique des divers organes et tissus du Lapin, en fonction de l'âge, nous a amené à suivre parallèlement leur croissance pondérale. Nous étudierons ici les organes et les tissus qui sont représentatifs des divers types de croissance que nous avons rencontrés : cerveau, foie, poumons, reins, estomac, muscle, tissu adipeux périrénal; l'expression logarithmique du temps permet de représenter l'ensemble des mesures sur une même figure.

Sur les figures 1, 2 et 3 on voit que le poids relatif (poids de l'organe exprimé en pour-cent du poids du corps) du cerveau du Lapin diminue cons-

⁽¹¹⁾ J. MAYER, *Ann. New-York Acad. Sc.*, 63, 1954, p. 44.

⁽¹²⁾ J. R. BROBECK, *Ann. New-York Acad. Sc.*, 63, 1955, p. 44.

⁽¹³⁾ A. FORSSBERG et S. LARSEN, *Acta Physiol. Scand.*, 32, Suppl. 113, 1954, p. 41.

(*) Séance du 14 décembre 1955.

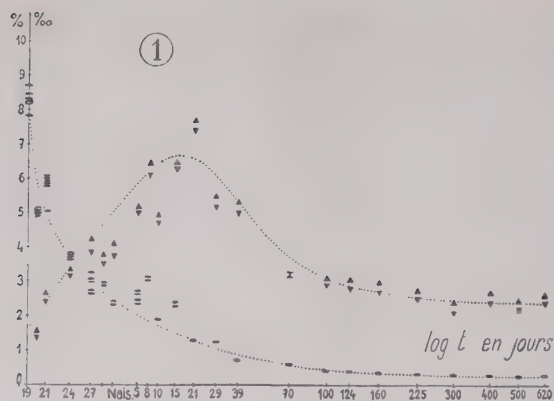


Fig. 1. — Évolution du poids relatif du cerveau (●), du rein gauche (▲) et du rein droit (▼) en fonction de l'âge en jours, exprimée en pour-cent du poids du corps pour le cerveau et en pour-mille pour les reins.

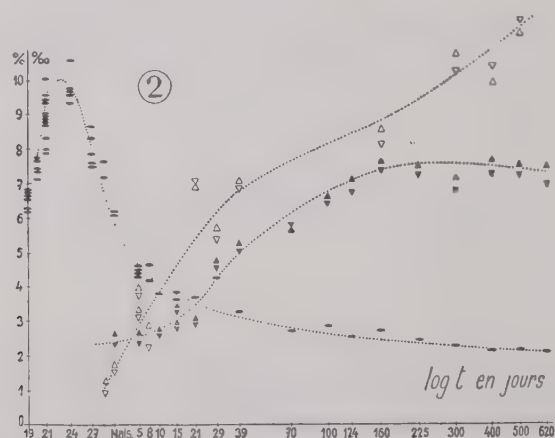


Fig. 2. — Évolution du poids relatif du foie (●), de la musculature des membres inférieurs gauche (▲) et droit (▼) et du tissu adipeux périrénal gauche (△) et droit (▽), exprimée en pour-cent pour le foie et le muscle et en pour-mille pour le tissu adipeux périrénal.

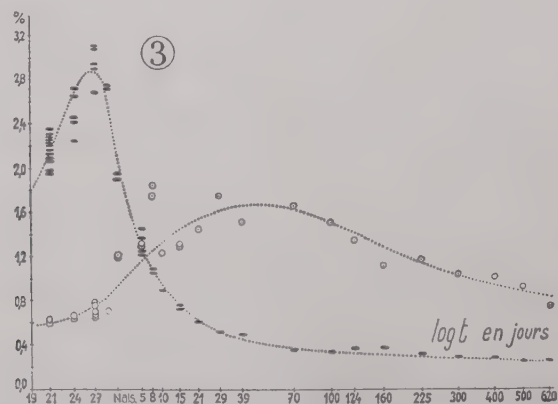


Fig. 3. — Évolution du poids relatif des poumons (●) et de l'estomac (○) en fonction de l'âge en jours, exprimée en pour-cent du poids du corps.

tamment dès le 19^e jour de la vie embryonnaire; celui du foie commence par augmenter, puis passe par un maximum (9,5-10,5 %) autour du 24^e jour de la vie embryonnaire, avant de diminuer ensuite jusqu'aux valeurs de l'âge adulte (2,1-2,3 %); celui des poumons présente son maximum vers le 27^e jour de la vie embryonnaire; celui des reins entre 2 et 4 semaines après la naissance. Plus ce maximum est précoce, plus les pentes de la courbe sont accusées (foie, poumons) et, réciproquement, plus il est tardif plus la courbe est étalée (reins, estomac). Le poids relatif de l'estomac passe par un maximum 5 à 10 semaines après la naissance, celui de la musculature du membre inférieur fait de même après la puberté et celui du tissu adipeux périrénal atteint son maximum seulement à l'âge adulte.

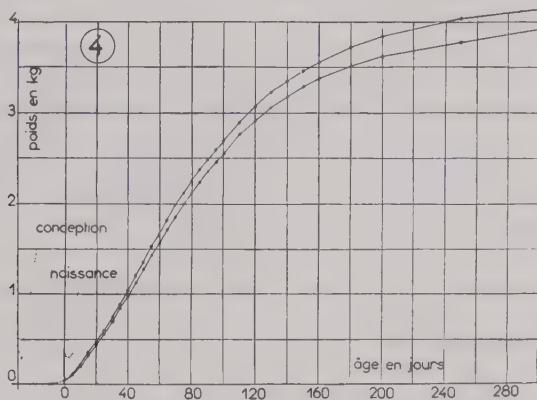


Fig. 4. — Courbes individuelles de croissance de deux lapins d'une même portée.

Mais, si l'on représente, en valeur absolue, la croissance pondérale de l'un ou de l'autre organe en fonction de l'âge, ces « maxima » disparaissent; on est alors en présence de courbes de croissance asymétriques en « S », tout à fait *superposables* à la courbe de croissance de l'animal entier (fig. 4) et autour desquelles le poids de chaque organe présente souvent des variations suivant les conditions physiologiques de l'animal. Pour cette raison nous considérons que la diminution du poids relatif des nombreux organes avec l'âge, soulignée par divers auteurs ⁽¹⁾, n'est pas, à elle seule, une preuve suffisante d'involution, d'hypoplasie ou d'atrophie.

Divers auteurs, ayant étudié la croissance des organes en fonction de l'âge, ont aussi établi que leurs poids relatifs atteignaient une valeur maxima à des époques différentes pour chaque organe ⁽²⁾; cette observation a même été faite avec les glandes endocrines (hypophyse, thyroïde, surrénales) ⁽³⁾. Nous avons

(1) V. KORENCHEVSKY, *J. Pathol. Bacteriol.*, 54, 1942, p. 13-24.

(2) C. M. JACKSON, *Amer. J. Anat.*, 9, 1909, p. 119-165.

(3) M. LUCIEN et A. GEORGE, *C. R. de l'Assoc. Anat.*, 22, 1927, p. 176-183.

également constaté que les poids relatifs d'autres organes (rate, cœur, œil, etc.) et parties du corps (membres supérieurs, tissu adipeux interscapulaire, humérus, omoplate, fémur, etc.) présentent aussi, en fonction de l'âge, des valeurs maxima se situant à une époque de vie différente, suivant chaque organe, tissu ou partie du corps.

Ainsi, chez le Lapin, nous pouvons classer les organes dans l'ordre des maxima de leur poids relatif; ceci nous donne quelque chose de tout à fait comparable à ce que Jackson ⁽²⁾ a établi chez l'embryon humain, où les poids relatifs maxima du cerveau, du foie, des poumons et des reins se situent respectivement vers le 2^e mois, à la fin du 3^e mois, vers le 4^e mois et entre les 7^e et 8^e mois. Cette concordance nous fait penser que le même ordre de classement des organes en fonction de leur poids relatif pourrait se retrouver aussi chez d'autres Mammifères.

PSYCHOPHYSIOLOGIE. — *Rapport entre la vitesse de déplacement et l'intensité du stimulus dans le comportement acoustico-sexuel de la femelle d'Ephippiger bitterensis (Tettigoniidæ)*. Note (*) de MM. **RENÉ-GUY BUSNEL** et **BERNARD DUMORTIER**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

La phonotaxie naturelle que déclenche le chant des mâles d'*Ephippiger bitterensis* (Tettigoniidæ) chez les femelles de la même espèce, semble soumise à l'application de la loi de Weber-Fechner.

Nous avons précédemment décrit l'attraction que provoque le chant du mâle sur les femelles des Orthoptères du genre *Ephippiger* ⁽¹⁾.

Pour compléter ces données qualitatives, nous avons essayé d'obtenir des résultats chiffrés concernant les différentes grandeurs mesurables dans cette phonotaxie.

Protocole expérimental. — Les expériences ont porté sur l'espèce *Ephippiger bitterensis*. Elles ont été faites à Palavas-les-Flots (Hérault) en août. Les femelles sexuellement sensibles, état se traduisant par une phonotaxie positive ⁽²⁾ aux stridulations des mâles ou à certains stimuli acoustiques artificiels ⁽³⁾, étaient mises dans des cages individuelles à une distance de l'ordre de 15 m d'une autre cage contenant des mâles en activité sonore. Le terrain était plat, sans obstacles et couvert d'une végétation rase et clairsemée que l'on pouvait, statistiquement, considérer comme homogène.

Une femelle, préalablement testée comme sexuellement sensible ⁽⁴⁾, était

(*) Séance du 14 décembre 1955.

(1) R.-G. BUSNEL et B. DUMORTIER, *C. R. Soc. Biol.*, **148**, 1954, p. 1587.

(2) R.-G. BUSNEL, *J. Physiol.*, **47**, 1955, p. 123.

(3) R.-G. BUSNEL et B. DUMORTIER, *C. R. Soc. Biol.* **148**, 1954, p. 1751.

(4) R.-G. BUSNEL, *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 1477.

lâchée à un temps donné, et on jalonnait le trajet qu'elle parcourait toutes les 30 s.

Dès que la femelle avait atteint la cage des mâles, d'ailleurs après un parcours le plus souvent rectiligne, la distance séparant chaque jalon était mesurée.

Nous avons ainsi réalisé une quinzaine d'expériences dont 10 ont été analysées, certaines ayant été considérées comme non valables pour différentes raisons : soit que les mâles aient cessé de chanter, soit que la femelle ait suivi un parcours trop sinueux, soit encore qu'elle se soit arrêtée pour manger ou procéder au nettoyage des pattes ou des antennes.

Résultats. — Il ressort des mesures effectuées que l'Insecte se dirige vers la source sonore avec une vitesse qui augmente d'une façon régulière à mesure qu'il s'en rapproche.

Comparaison entre la distance parcourue pendant les 30 premières secondes et celle parcourue pendant les 30 dernières secondes.

Distance parcourue pendant			
les 30 premières secondes.	les 30 dernières secondes.	les 30 premières secondes.	les 30 dernières secondes.
50 cm	127 cm	100 cm	130 cm
56	116	90	127
50	123	105	136
124	277	100	130
60	170	123	167

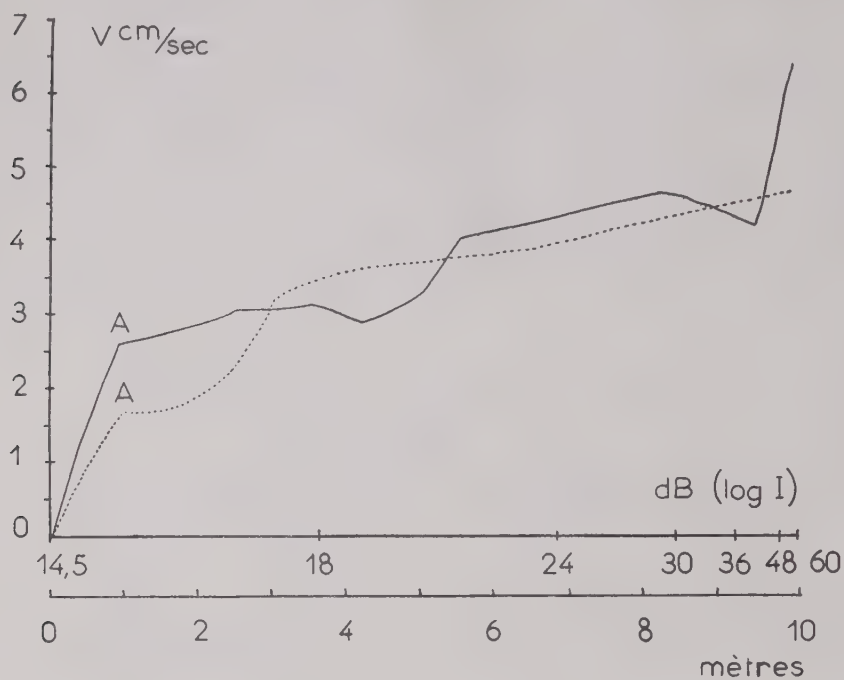
D'autre part, on admet en général qu'un son subit un affaiblissement d'intensité de 6 dB chaque fois que l'on double la distance entre la source et le point où est reçue l'onde sonore ^(*), ce qui signifie que la femelle, à mesure qu'elle avance en direction de la cage des mâles (source) reçoit une intensité acoustique de plus en plus grande. Cette augmentation d'intensité, exprimée en décibels, est de forme logarithmique.

On peut donc tracer la courbe de l'accroissement de la vitesse en fonction du logarithme de l'intensité sonore, portant la première variable en ordonnée, la seconde en abscisse.

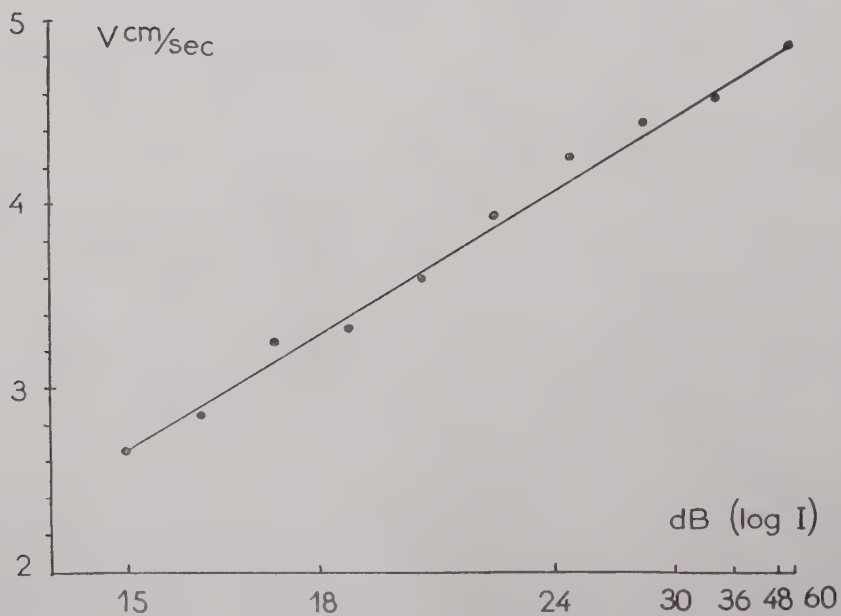
Nous donnons (graphique 2) le résultat de cette étude (moyenne de 10 expériences) qui met en évidence une variation de la grandeur de la réaction (vitesse de déplacement de la femelle en centimètre par seconde), proportion-

(*) Dans le cas particulier de ces expériences la première mesure d'intensité est faite à 5 cm de la source (les mâles) et donne une valeur de 60 dB à 5 m, elle tombe à 20 dB. Si la femelle est lâchée à 10 m des mâles, l'intensité qui lui arrive au départ est d'environ 14 dB. Mais toutes ces valeurs ne sont qu'approchées, car la source sonore provenant de plusieurs mâles n'est pas ponctuelle; il y a en outre, les réverbérations de l'onde, les absorptions et les variations de la propagation dues aux microclimats.

nelle au logarithme de l'intensité du stimulus (intensité sonore en décibels). Toutefois, si l'on considère le graphique 1 qui rend compte de la vitesse réelle



Graphique 1.



Graphique 2.

de deux insectes, on notera le très notable accroissement de vitesse qui suit le départ (portion OA des tracés).

Nous n'avons pas tenu compte de cette région pour l'établissement de la vitesse moyenne, car il nous a semblé qu'elle avait une signification différente de celle attribuable au reste de la courbe, signification encore obscure du reste (brusque évation de l'insecte emprisonné dans une cage, réaction de fuite provoquée par l'approche de la main qui retire la cage, peut-être même effet de sommation des faibles intensités sonores que reçoit l'insecte avant d'être mis en expérience). Quoiqu'il en soit, seule la partie qui fait suite à cette inflexion A nous semble significative.

En conclusion, il semble que l'on puisse considérer que ces résultats montrent grosso modo, que cette phonotaxie est soumise à la loi générale de Weber-Fechner.

NUTRITION. — *Viabilité des générations F_1 et F_2 du croisement entre *Drosophiles* (+ Oregon) préalablement adaptées à deux milieux nutritifs différents.* Note (*) de M^{me} MARIA VALADARES DA COSTA, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Dans le croisement entre *Drosophiles* + Oregon préalablement adaptées à deux milieux nutritifs différents (milieu standard et milieu à l'autolysat de levure), on observe en F_1 et F_2 des différences de viabilité analogues à celles obtenues dans les croisements entre races géographiques (hétérois et "breakdown").

Nous avons précédemment montré l'influence du milieu nutritif sur le taux de ponte de *Drosophila melanogaster*. Il nous a semblé intéressant d'étendre ces investigations à la viabilité de la descendance après croisement entre géniteurs adaptés à des niveaux nutritifs différents. Nous rappelons la composition des deux milieux de culture utilisés. Le milieu A correspond au milieu standard classique : eau 1000 cm³, sucre 128 g, farine de maïs 100 g, agar-agar 20 g,ensemencé avec de la levure vivante (levure de boulangerie). Le milieu B contient en outre 10 % d'autolysat de levure. Nous avons élevé des *Drosophiles* (souches + Oregon génétiquement contrôlée) pendant 18 générations sur milieu B et avons croisé dans les deux sens les mouches de cette culture avec des mouches de la même souche élevées depuis toujours sur milieu A. Des lots de 10 tubes contenant chacun 4 cm³ des milieux nutritifs respectifs reçoivent 50 larves à peine écloses par tube. Les essais ont porté sur un total de 11 000 larves. On mesure la viabilité en F_1 et en F_2 d'après le pourcentage des larves ayant atteint le stade adulte. En F_2 nous refaisons de plus le test de viabilité des progéniteurs (P'_1 et P'_2). Nos résultats sont rapportés dans les figures 1 et 2.

(*) Séance du 19 décembre 1955.

La présence d'autolysat de levure dans le milieu de culture favorise toujours la viabilité. En F_1 , celle-ci est de 21 et 26 % si l'on cultive les larves sur milieu A standard (F'_1); elle s'élève à 57 % si l'on utilise le milieu B à autolysat de levure (F''_1). Par rapport aux parents, il y a une

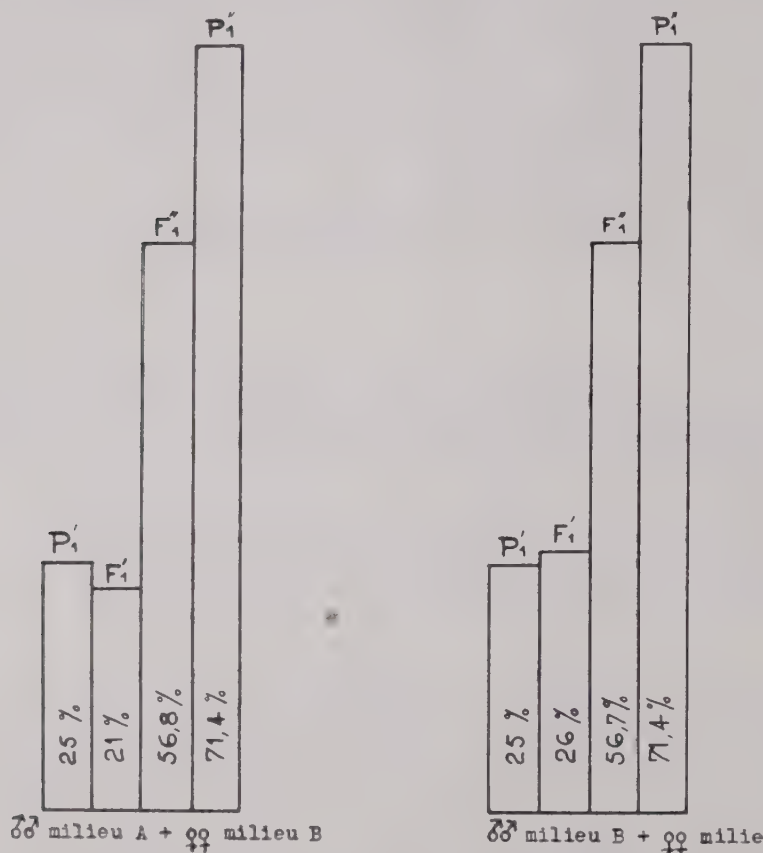


Fig. 1. — Viabilité en F_1 des croisements entre *Drosophila* (+ Oregon) adaptées au milieu A (standard) et au milieu B (autolysat de levure) et placées respectivement sur chacun des milieux.

P_1 , progéniteurs adaptés au milieu A et cultivés sur milieu A; P_1'' , progéniteurs adaptés au milieu B et cultivés sur milieu B; F'_1 , sur milieu A; F''_1 , sur milieu B.

nette diminution de viabilité si l'on compare les progéniteurs (P_1) et la première génération (F''_1) tous deux développés sur milieu B. Par contre, il y a égalité ou légère diminution si l'on compare la viabilité de la F_1 sur milieu A (F'_1) avec celle des progéniteurs adaptés au milieu A (P_1). En F_2 , l'effet favorable de l'autolysat de levure se manifeste à nouveau : dans le milieu B le pourcentage des adultes atteint 68,5 et 72 % selon le sens du croisement (F''_2) alors que sur milieu A standard il n'est respectivement que de 7 et 15 % (F'_2). Par ailleurs, un phénomène nouveau apparaît : les lots cultivés sur milieu B à l'autolysat de levure (F''_2) accusent une

viabilité supérieure (68,5 et 72 %) à celle des parents élevés dans les mêmes conditions (66,3 %) (P_2''). Cette supériorité se manifeste également par rapport à la F_1 précédente (F_1' : 56,7 %). En ce qui concerne le milieu A standard, la viabilité de la F_2 dépend du sens des croisements; les diffé-

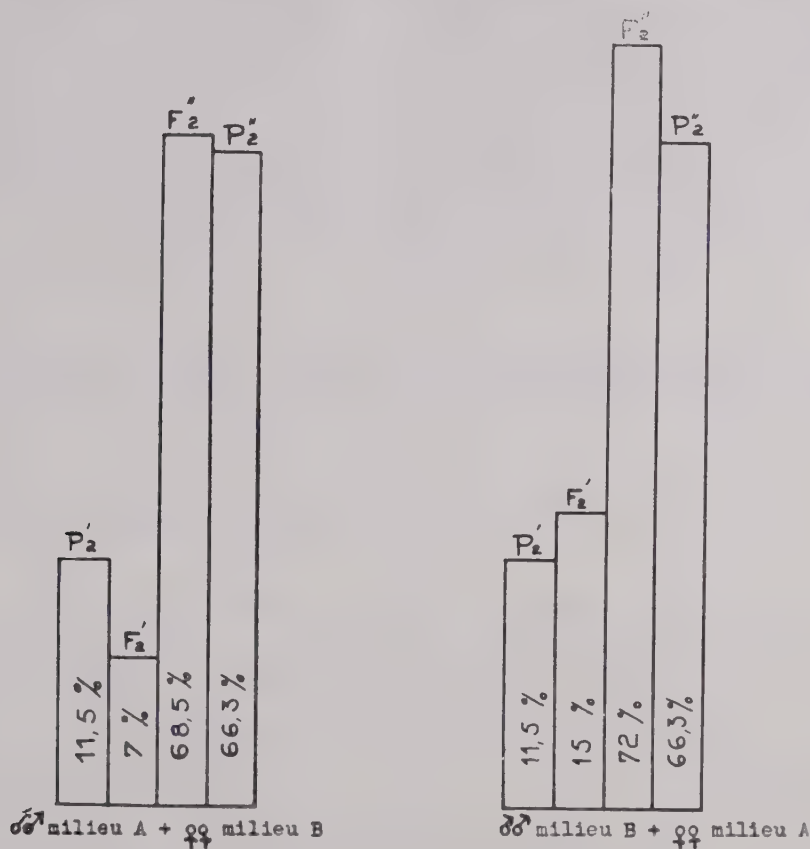


Fig. 2. — Viabilité de la F_2 des croisements de la figure 1.

P_2' , progéniteurs provenant de F_1' cultivés sur milieu A; P_2'' , progéniteurs provenant de F_1'' cultivés sur milieu B; F_2' , sur milieu A; F_2'' , sur milieu B.

rences entrevues en F_1 se précisent : il y a tantôt une nette diminution, tantôt une légère augmentation.

Ces résultats rappellent les effets d'hétérosis et de « breakdown » décrits lors des croisements entre races géographiques de drosophiles et mesurés également en fonction de la viabilité (¹). En général, la première génération d'hybrides est plus viable que les parents, mais on observe une chute de la viabilité en F_2 . On dit qu'il y a hétérosis en F_1 et « breakdown » en F_2 . Poursuivis avec une souche pure de laboratoire et sur des milieux nutritifs

(¹) M. VETUKIV, *Proc. Nat. Ac. Sc.*, 39, 1953, p. 30-34, et *Évolution*, 8, p. 241-251.

bien définis, nos essais ne correspondent pas aux conditions dans lesquelles on étudie les races géographiques. Néanmoins, certains rapprochements s'imposent. En utilisant un milieu à autolysat de levure, on note un « *breakdown* » à la première génération (comparer F_1'' et P_1''), tandis que c'est un « hétérosis » qui se manifeste à la deuxième génération (comparer F_2 et P_2''). Ces effets sont indépendants du sens des croisements qui, par contre, conditionne la viabilité de la F_2 (F_2') sur milieu standard. Les facteurs nutritionnels conditionnant à la fois le taux de ponte et la viabilité, soit dans l'immédiat, soit dans la descendance, on pourrait peut-être leur imputer certains effets constatés lors de l'étude des races géographiques. Parmi les facteurs extrinsèques de l'hétérosis et du « *breakdown* » on invoque souvent le « terrain ». Il est possible qu'on puisse y joindre la « nutrition ».

CYTOLOGIE. — *Fibres scléroprotéiques d'origine ciliaire chez les Infusoires péritriches*. Note (*) de MM. CHARLES ROUILLER, EMMANUEL FAURÉ-FREMIET et M^{lle} MICHELLE GAUCHERY, présentée par M. Maurice Caullery.

Les fibres scléroprotéiques constituant la partie élastique du pédoncule des *Zoothamnium* et des *Opercularia* sont formées par le prolongement direct des cils de la scopula.

L'organe fixateur des Ciliés péritriches est essentiellement constitué par une zone ciliaire thigmotactique étroitement localisée, la scopula, au niveau de laquelle des substances protéiques sont sécrétées ⁽¹⁾. L'insolubilisation rapide de ces scléroprotéines particulières ⁽²⁾ se traduit par la formation d'une plaque basale adhérente au support, puis d'un fût rigide et élastique qui s'accroît progressivement à partir de l'aire scopulienne et constitue le pédoncule ou style. Le style comporte une pellicule externe entourant un faisceau de fibrilles longitudinales chez les espèces des genres *Epistylis* et *Opercularia* par exemple; chez les espèces des genres *Vorticella*, *Carchesium* et *Zoothamnium*, sa structure est compliquée par l'existence d'un canal central ou latéral occupé par un prolongement de la masse cytoplasmique avec une fibre myoïde fortement contractile : le spasmonème.

L'examen au microscope électronique des structures pédonculaires confirme la nature ciliaire de la scopula et apporte à la question posée par l'origine des fibres protéiques élastiques une réponse imprévue.

Nos observations ont porté sur plusieurs espèces et plus particuliè-

(*) Séance du 19 décembre 1955.

(1) E. FAURÉ-FREMIET, *Arch. f. Protistenk.*, 6, 1905, p. 207; *C. R. Soc. Biol.*, 62, 1906, p. 259; *Bull. Scient. France et Belgique*, 56, 1910, p. 247.

(2) E. FAURÉ-FREMIET, *Bull. Soc. Zool. de France*, 66, 1941, p. 277-287.

rement sur *Opercularia articulata* et *Zoothamnium alternans*. Les fixateurs utilisés étaient la solution osmique de Palade, la solution chromosmique de Dalton-Weiss et, pour les formes marines, une solution de Os O_4 à 1 % dans l'eau de mer. Les sections ont été effectuées sur les pièces enrobées au méthacrylate de butyle et examinées au microscope électronique.

La scopula. — Les corpuscules ciliaires, ou cinétosomes, apparaissent comme des ampoules allongées, presque cylindriques ou tubulaires ⁽³⁾ dont la paroi est épaissie dans leur partie basale. Le centre du corpuscule tubulaire est occupé par une fibrille correspondant, semble-t-il, à la fibrille axiale du cil. Les cils sont enrobés dans une substance de faible densité, apparemment amorphe; ils ne montrent pas de membrane externe et leur structure caractéristique est indiquée par la disposition circulaire des neuf fibrilles périphériques longitudinales bien connues; il est difficile de préciser si celles-ci commencent au niveau d'une plaque basale, d'ailleurs peu marquée, ou sont en continuité avec la paroi du cinétosome.

Le faisceau fibrillaire. — Chez *Opercularia* et *Zoothamnium*, les fibrilles styliennes montrent l'alternance de bandes transversales sombres et claires, c'est-à-dire une structure périodique rappelant celle des fibrilles collagènes, bien que l'on trouve, au lieu de la période bien connue de 640 Å, les valeurs maxima de 440 et 470 Å ⁽⁴⁾.

Une constatation plus importante est celle d'une relation de *continuité* entre les fibrilles styliennes à structure périodique et les cils scopuliens; mais celle-ci se manifeste au moins de deux manières légèrement différentes.

Chez *Opercularia*, la partie suprabasale du cil semble former une courte masse haute d'environ 1 μ , autour de laquelle les neuf fibrilles périphériques s'élargissent jusqu'à près de 40 m μ en montrant la striation transversale, s'écartent légèrement les unes des autres, et se continuent sur la paroi interne d'une sorte de canal limité par la substance amorphe interstitielle. Dans la région proximale, près du corps basal, la période de la striation fibrillaire est d'environ 220 Å, chiffre voisin de celui qui caractérise les fibrilles collagènes jeunes ⁽⁵⁾ et c'est plus loin du lieu de formation que la structure définitive est atteinte, avec une périodicité proche de 440 Å.

Chez *Zoothamnium*, la structure caractéristique des cils scopuliens se prolonge sur une longueur de 1 μ environ à travers la masse de substance amorphe interstitielle; les sections transversales des cils montrent chacun d'eux dessiné par le faisceau circulaire des neuf fibrilles périphériques,

⁽³⁾ Voir E. FAURÉ-FREMIET et CH. ROUILLER, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 678.

⁽⁴⁾ Les trichocystes étendus de *Paramecium* accusent une période de 500 Å selon Jakus (voir DRAGESCO, *Revue d'Optique*, 1952).

⁽⁵⁾ Voir RANDALL et FITTON JACKSON, *Nature and Structure of Collagen*, 1953, London.

dont le diamètre mesure près de 350 Å. Mais, au lieu de s'écarter les unes des autres comme chez *Opercularia*, ces fibrilles semblent se rapprocher jusqu'à devenir jointives, de sorte que, au-delà d'une distance de 1,5 à 2 μ , chaque prolongement ciliaire apparaît comme un tube dont le diamètre progressivement rétréci mesure environ 200 m μ . La paroi de ce tube est striée transversalement et le centre est occupé par une fibrille axiale de structure apparemment continue.

Ici, comme dans le cas précédent, la périodicité de la striation transversale accuse d'abord une valeur faible, voisine de 280 Å, avant d'atteindre une valeur proche de 470 Å.

Conclusions. — La partie rigide et élastique du pédoncule de plusieurs Ciliés pérित्रiches comporte une substance protéique amorphe, sécrétée au niveau de la scopula et un système de fibrilles que l'on doit considérer comme le prolongement des cils scopuliens; plus exactement, il apparaît que ces fibrilles protéiques résistantes, qui rappellent, par leur structure comme par leurs propriétés tinctoriales, les fibrilles collagènes, représentent les fibrilles périphériques du cil; celles-ci restent séparées chez *Opercularia*, ou se réunissent en un étroit faisceau tubulaire chez *Zoothamnium*.

En matière de cytologie comparée, l'origine ciliaire de fibres scléro-protéiques mérite d'être signalée, bien que l'édification du pédoncule des Pérित्रiches représente un cas très particulier de fibrogenèse.

HÉMATOLOGIE. — *Conservation du sang.*

Note de M. PAUL HÉBRARD, présentée par M. Léon Binet.

Nous avons mis au point une solution qui permet de conserver pendant plusieurs mois, à la glacière ou à la température ordinaire, aussi bien du sang défibriné que des globules rouges déplasmatisés.

Cette solution se compose de :

Glycocolle pur.....	7 g 55
Citrate trisodique cristallisé.....	25 g 30
Formol (soluté officinal).....	2 cm ³
Eau distillée, quantité suffisante pour faire 1 litre	

Cette solution est hypertonique par rapport au plasma sanguin, son point cryoscopique correspondant à $\Delta = -0,655$, son pH = 7,3.

Nous l'avons utilisée sans lui avoir fait subir aucune stérilisation.

1° *Conservation du sang défibriné.* — Nos essais ont porté sur du sang défibriné de Mouton délivré par les Abattoirs de La Villette pour les besoins de la Sérologie. Ce sang a été mélangé à notre solution à volumes égaux, dans des flacons siliconés. Deux précautions sont nécessaires pour obtenir une bonne

conservation : le flacon ne doit pas contenir la moindre bulle d'air; et il est bon de le retourner de temps à autre pour éviter l'agglutination des globules.

Dans ces conditions, après un délai de trois mois, ce sang n'est pas hémolysé et son *pouvoir oxyphorique*, mesuré par M^{lle} Brelet avec l'appareil de Van Slyke au Laboratoire de Physiologie de la Faculté de Médecine, est sensiblement normal.

Mais il convient de noter que le *taux de potassium* dosé au photomètre à flamme par M^{lle} Marquis ne tarde pas, au cours de la conservation, à s'élever dans le milieu liquide aux environs de 400 mg/l. Un sang humain qui contiendrait un tel taux de potassium serait difficilement transfusable, à moins d'utiliser la méthode du « Sang dilué » de Léon Binet. Rappelons que, en 1940, grâce à cette méthode, il a pu impunément injecter à un chien du sang de chien citraté conservé depuis 9 jours et contenant une très forte proportion de potassium alors que, sans cette dilution, l'animal serait mort.

2° *Conservation des globules rouges humains déplasmatisés.* — Le Centre National de Transfusion a mis à notre disposition des culots globulaires résultant de la centrifugation du sang humain recueilli sur solution de Wurmser pour en récolter le plasma. Ces culots contenaient encore une certaine proportion de plasma et de liquide citrique acide, lequel s'est montré défavorable pour la conservation. Nous avons dû l'éliminer. Pour cela, nous avons effectué deux centrifugations après avoir chaque fois ajouter au matériel à centrifuger un égal volume de notre solution. De plus, nous avons aussi écrémé la couche d'éléments blancs qui tapissait la surface du culot centrifugé. Finalement nous avons ajouté au culot globulaire ainsi lavé notre solution dans la proportion suivante : 1 volume de culot globulaire, pour 2 volumes de solution conservatrice.

Ici aussi, il convient d'éliminer toute bulle d'air et de retourner les flacons de temps à autre. Ces globules déplasmatisés se sont bien conservés et voici, à titre d'exemple, un des résultats que nous avons obtenus :

Le 24 juin 1955, nous avons mis en conserve un culot globulaire (lavé 2 fois) avec 2 volumes de solution conservatrice. Ces culots sont restés à la glacière (à + 8° environ) pendant 2 mois, puis à la température ordinaire pendant encore 2 mois et demi. Le 9 novembre, ces globules qui avait pris une teinte noirâtre ont été agités avec de l'air pendant 20 minutes.

Ils sont devenus d'un rouge vif éclatant et la mesure de leur pouvoir oxyphorique indiquait qu'il était normal (20 vol, 7 %, compte tenu du degré de dilution). Mais ici encore, comme pour le sang défibriné, on constate au fur et à mesure de la conservation un enrichissement progressif du liquide en potassium, attribuable d'une part au fait que le potassium diffusible du globule rouge s'échange contre les ions sodiques du liquide conservateur, et d'autre part à la destruction de certains éléments blancs qui n'ont pas été tous enlevés par l'écémage et qui sont plus fragiles que les globules rouges.

Malgré cela, si l'on voulait transfuser ces globules rouges conservés il suffirait, avant de les utiliser, de décanner le liquide surnageant et de remplacer ce liquide par du soluté physiologique. On éliminerait ainsi la toxicité du potassium. Sans doute serait-il également avantageux, avant d'injecter ces globules au sujet, de les oxygéner largement par barbotage d'oxygène.

Toutefois, avant de tenter l'injection de ces globules à l'Homme, il conviendrait de vérifier que ces globules ne sont pas devenus nocifs au cours de leur conservation. L'expérimentation devrait donc se faire d'abord sur un animal, en injectant par exemple à un chien des globules de chien conservés par notre solution.

Enfin il resterait encore à déterminer la durée de vie de ces globules après leur transfusion. Auraient-ils une durée de vie normale de six semaines? L'injection de globules marqués au chrome radioactif permettrait de répondre à cette question.

PALÉONTOLOGIE HUMAINE. — *Découverte de galets taillés (« pebble culture ») dans le Quaternaire ancien du plateau du Mansourah (Constantine)*. Note de M. GEORGES LAPLACE-JAURETTE, présentée par M. Charles Jacob.

Le 5 mai 1953, j'ai découvert, dans le Quaternaire ancien du plateau de Mansourah qui domine à l'Est la ville de Constantine, un gisement préhistorique d'une grande importance stratigraphique et typologique pour l'étude des industries du Paléolithique inférieur de l'Afrique du Nord. Un biface du type abbevillien, des polyèdres sphéroïdes, des outils sur éclats figuraient dans la récolte que je fis alors. Toutes ces pièces sont taillées dans des galets de quartzite. Certaines, roulées, présentent une patine rougeâtre profonde.

Afin de confirmer mes premières observations stratigraphiques et la position relative des industries dans les différentes couches observées, je visitais à nouveau le Mansourah au mois de mai 1954. Je fus servi par des travaux de terrassement qui me permirent non seulement de suivre et de relever une coupe sur plusieurs kilomètres, mais aussi de faire une récolte d'environ cinq cent pièces, la plupart recueillies en position stratigraphique. Celle-ci se présente comme suit à partir de la surface du sol :

1. *Limons rouges* de ruissellement à graviers d'épaisseurs variables (0,40 m à 1 m), parfois subdivisés en deux parties par une couche de galets. A la surface de ces limons rouges, rares pièces de silex noir attribuables au Capsien supérieur ou au Néolithique de tradition capsienne. Dans leur masse, industrie non roulée levalloiso-moustérienne façonnée dans le quartzite avec petits polyèdres. A leur base, hachereau acheuléen et polyèdres non roulés, et polyèdres roulés à patine rougeâtre.

2. *Couche de galets*, parfois emballés dans un limon sableux rouge souvent panaché de blanc jaunâtre, parfois sporadiquement cimentés par des concrétions blanchâtres, et contenant quelques gros blocs anguleux.

A la surface de cette couche de galets, dont l'épaisseur varie de 0,30 m à 1,20 m, au contact des limons rouges, trièdres et bifaces massifs, polyèdres, l'ensemble peu ou non roulé. Dans la masse, trièdres primitifs, polyèdres, gros éclats très roulés. Le silex est présent, mais la plupart des pièces sont taillées dans le quartzite ou le calcaire.

3. *Travertins* parfois lapiasés, contenant des coquilles lacustres et des végétaux, souvent décomposés à leur partie supérieure et dans leur masse, en sables jaunes. Ils ont livré des polyèdres de quartzite et des éclats de quartzite et de silex ne présentant aucune trace de roulage. Ces travertins, riches en faune, étudiés par L. Joleaud, ont été rapportés par cet auteur au Villafranchien. Mes observations d'ordre morphologique n'infirmant pas ces vues.

En conclusion, grâce à la série stratigraphique de Manjourah, nous pouvons compléter les observations faites par C. Arambourg dans le gisement villafranchien à polyèdres de l'Aïn Hanech. L'abondance du matériel recueilli nous a permis d'entreprendre une étude des techniques de débitage et de la typologie de la plus vieille industrie humaine connue à ce jour. Ce faisant, il nous a été loisible de saisir l'évolution progressive des formes primaires archaïques du type polyédrique vers les formes plus évoluées des types trièdres, bifaces, ou hachereau, avec lesquelles elles continuent à coexister. On sait que ces formes archaïques persisteront, en Afrique du Nord, à travers tout le Paléolithique inférieur jusqu'à l'Atérien.

ENTOMOLOGIE. — *Les stimuli qui régissent l'acceptation des cellules royales chez les Abeilles : les facteurs dépendant des cellules.* Note de M. MAURICE VUILLAUME, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

L'élevage de reines par une colonie d'Abeilles ne se fait dans la nature que dans des conditions bien déterminées : absence de reine, préparation de l'essaimage, remplacement d'une reine âgée ou déficiente. Les apiculteurs utilisent ces données pour réaliser des élevages artificiels de reines. Ils introduisent dans leur ruche, à cet effet, des cupules de cire placées verticalement, l'ouverture dirigée vers le bas et contenant une très jeune larve d'ouvrière. Au cours d'une série d'expériences, nous avons étudié l'action de différents facteurs sur l'acceptation et l'élevage de cette larve.

La *forme* et la *position* des cupules jouent un rôle important. Les cellules royales naturelles sont cylindriques, de 8 mm de diamètre, mais construites à partir de cellules hexagonales de 5 mm de largeur (2,5 mm d'apothème). Celles-ci sont immédiatement arrondies, élargies à 8 mm au détriment des cellules voisines, et étirées pour aboutir aux cellules royales bien connues, cylindriques, verticales, l'ouverture dirigée vers le bas et qui font saillie à la surface ou au bord des rayons.

Des cupules *hexagonales* à fond arrondi ou à fond plat de 3,5 mm d'apothème renfermant une jeune larve, sont construites en cellules royales,

sans modification de la forme de leur base, contrairement à ce qui se passe à partir de cellules naturelles. Le pourcentage des cellules terminées est toutefois moins élevé qu'avec des cupules artificielles normales, rondes, de 8 mm de diamètre.

Des *cupules cubiques* (8 mm de côté) à fond rond et à fond plat, sont terminées, comme les cupules hexagonales, sans modification de leur forme, avec un pourcentage d'acceptation encore plus faible. Le fond arrondi est préféré au fond plat. Des larves d'ouvrières introduites dans des *cellules naturelles de mâles* (3,125 mm d'apothème) horizontales (ouverture latérale) sont élevées en reines; leurs cellules sont arrondies à la manière des cellules d'ouvrières, et, quand elles sont terminées, leur sont absolument semblables.

Le pourcentage des acceptations est bien meilleur quand les larves sont introduites dans des *portions de rayons naturels* d'ouvrières ou de mâles et ces rayons placés horizontalement (cellules verticales, l'ouverture dirigée vers le bas).

Des cupules normales, présentées couchées (ouverture latérale) et non pendantes sont construites, étirées mais *recourbées vers le bas* comme le sont les cellules royales naturelles. Ici encore, le pourcentage d'acceptation est moins bon qu'avec des cupules verticales. Certains apiculteurs augmentent la production de gelée royale dans les cellules naturelles en voie de formation en retournant les cadres plusieurs fois, régulièrement. Les Abeilles arrivent à redonner à la cellule son inclinaison vers le bas ⁽¹⁾.

Des larves placées dans des cupules à *ouverture dirigée vers le haut* sont élevées par des paquets d'Abeilles sans reine.

L'espace entre les cellules joue également un rôle dans les élevages de reines. Le pourcentage le meilleur est obtenu aux acceptations (dans les paquets d'Abeilles sans reine) et aux finitions (dans le finisseur) pour une distance de 2 cm entre les centres des cupules (confirmé par Delpérée) ⁽²⁾. Des cupules jointives sont cependant bien acceptées (jusqu'à 12 consécutives). Ce phénomène est fréquent avec des cellules naturelles où plusieurs sont souvent soudées les unes aux autres.

Nature des cellules. — Des larves logées dans des cupules artificielles de *cires minérales* (cire microcristalline à point de fusion élevé : 85 à 88°), *ozokérite* (80-82°), *paraffine* (62-64° et 54-56°) et même de *verre* sont élevées normalement. Toutes les cellules étaient introduites directement dans la ruche, sans avoir subi aucun traitement au préalable. La température de fusion et la nature chimique de la cupule ne sont donc pas des facteurs

⁽¹⁾ ANONYME, *Fruits et Abeilles*, n° 11, 1955, p. 202.

⁽²⁾ *L'élevage des reines*, 1947 (Liège).

importants. Martinez Lopez ⁽³⁾ obtient des résultats semblables à ceux obtenus avec des cupules de cire d'Abeilles en logeant des larves dans des cellules de matière plastique. Les Abeilles travaillent ces cupules comme des cupules de cire normale en y ajoutant un « chapeau » de cire ordinaire semblable à celle qui constitue les cellules royales naturelles.

En résumé : Parmi les stimuli qui poussent les nourrices à accepter une jeune larve qui leur est présentée dans une cupule de cire comptent : la *forme du fond* (fond arrondi préféré à fond plat); la *forme des bords* (forme cylindrique préférée à l'hexagonale, celle-ci préférée à la carrée); la *position des cupules* (l'ouverture inférieure préférée à l'ouverture latérale ou supérieure; *leur écartement* (espacement optimum 2 cm). Mais la *matière* dont est construite la cupule paraît au contraire de peu d'importance puisque les ouvrières acceptent la paraffine, toute sorte de cire minérale ou végétale, et même le verre ou les matières plastiques.

BIOLOGIE. — *Action de l'hibernation artificielle sur la surrénale du Rat.* Note (*) de MM. RUBENS NICOLETTI et LUCIEN LISON, présentée par M. Robert Courrier.

Nous avons constaté que l'hibernation artificielle, provoquée par l'administration d'un mélange de ganglioplégiques et de sympathicolytiques cause, chez le Rat, des modifications importantes dans la surrénale.

Dans les présentes expériences, nous avons utilisé 25 rats mâles adultes, 10 animaux témoins (poids $151 \pm 3,4$ g) et 15 animaux soumis à l'hibernation artificielle (poids $160 \pm 5,2$ g). Celle-ci a été provoquée et maintenue par des injections intrapéritonéales de 3 ml d'une solution contenant par millilitre une quantité de chlorhydrate de N (diméthylamino-2 méthyl-2' éthyl) dibenzoparathiazine et de chlorhydrate de chloro-3 (diméthylamino-3' propyl)-10 phénothiazine correspondant pour chacun des deux produits à 0,5 mg de base active. Cinq animaux ont été maintenus en hibernation pendant deux jours et ont reçu pendant cet intervalle un total de 10 injections, les cinq autres ont reçu pendant trois jours 17 injections. Les animaux hibernés ont été alimentés par intubation gastrique de 2,5 ml de lait deux fois par jour. Au terme de l'expérience, les organes ont été prélevés, pesés et fixés, en vue de l'étude histologique, par le fixateur de Bouin ou par le mélange alcool-formol-acide acétique 85 : 10 : 5.

(3) J. F. MARTINEZ LOPEZ, *Plastic cells cups for queen rearing and production of royal jelly. Gleanings in Bee culture.* Septembre 1955, p. 521-522.

(*) Séance du 7 novembre 1955.

Les poids des surrénales des animaux hibernés montrent une augmentation considérable et hautement significative par rapport aux témoins, comme le démontre l'étude statistique suivante. Celle-ci a été effectuée par l'analyse de variance, en utilisant, pour séparer les effets des traitements, les comparaisons orthogonales de R. Fisher (1942). La même analyse montre que les animaux hibernés pendant deux jours et pendant trois jours ne présentent pas de différences appréciables.

Source de variation.	Somme des carrés.	Degrés de liberté.	Carré moyen.
Comparaison des traitements :			
A. Hibernés comparés aux témoins.....	2 541,7	1	2 541,7
B. Hibernés 2 jours comparés aux hibernés 3 jours.....	0,4	1	0,4
Variations entre animaux traités de manière identique.....	719,0	46	15,5
TOTAL.....	3 261,1	48	-

$F_A : 2\,541,7 : 15,5 = 164$ (hautement significatif).

$F_B : 0,4 : 15,5 = 0,03$ (non significatif).

Moyenne des poids des surrénales des témoins : 11,9 mg (29 surrénales); des hibernés 2 jours : 26,7 mg (10 surrénales); des hibernés 3 jours : 26,4 mg (10 surrénales).

Afin de déterminer la part prise par la corticale et par la médullaire dans l'augmentation de la surrénale, nous avons calculé leurs volumes respectifs chez trois animaux témoins et chez trois hibernés. Dans ce but, nous avons pratiqué des coupes sérieées de l'organe à une épaisseur de 10μ , dessiné à un grossissement connu les limites des deux régions dans une coupe sur cinq, et mesuré la surface des dessins par planimétrie. La somme des surfaces multipliée par l'épaisseur des coupes et divisée par le grossissement donne les volumes réels du cortex et de la médullaire. Cette étude démontre que l'augmentation de volume chez les animaux hibernés porte aussi bien sur la corticale (augmentation observée : $110 \pm 10\%$) que sur la médullaire (augmentation observée : $68 \pm 16\%$).

Dans des expériences effectuées dans des conditions voisines des nôtres, Cahn J., Dubrasquet M. et Georges G. ⁽¹⁾, disent avoir trouvé à l'examen histologique une médullo-surrénale absolument normale. Nous croyons qu'au contraire les modifications de cet organe pendant l'hibernation artificielle sont profondes.

⁽¹⁾ *Anesthésie et Analgésie*, 10, 1953, p. 5; R. A. FISHER, *Design of Experiments* (Oliver and Boyd, Edinburgh, 1942).

BIOLOGIE. — *Sur l'existence de deux systèmes porte dans l'hypophyse des Amphibiens anoures.* Note (*) de M. **ANDRÉ R. CRUZ**, présentée par M. Robert Courrier.

A la suite des travaux de B. A. Houssay, A. Biasotti et R. Sammartino ⁽¹⁾, J. M. Lascano-Gonzalez ⁽²⁾, J. D. Green ⁽³⁾, B. A. Houssay ⁽⁴⁾, on admet l'existence, chez les Amphibiens, d'un système porte hypophysaire, dont le réseau primaire se trouve dans l'éminence médiane et le réseau secondaire dans le lobe *glandulaire* de l'hypophyse.

Nous avons constaté, chez les deux grandes espèces sud-américaines *Bufo marinus* (L.) et *Leptodactylus ocellatus* (L.) que nous avons étudiées, l'existence d'un autre système porte, dont le réseau primaire se trouve dans l'encéphale et le réseau secondaire dans les lobes *nerveux* et *intermédiaire* de l'hypophyse, et qui paraît avoir échappé aux auteurs précédents. Ceux-ci admettent que l'irrigation du lobe nerveux s'effectue par une artère qui part soit de l'artère basilaire à sa bifurcation, soit du rameau anastomotique transverse rétro-infundibulaire, qui unit les deux artères basilaires. E. H. Craigie ⁽⁵⁾ décrit une artère unissant le lobe nerveux à la région du toit du 3^e ventricule, mais déclare ignorer la direction du flux sanguin dans ce vaisseau.

Dans nos dissections, faites après injection d'encre de Chine à 25 %, nous avons constaté l'existence d'un (*Bufo*) ou deux (*Leptodactylus*) volumineux vaisseaux qui, au premier abord, paraissent naître du rameau artériel anastomotique transverse rétro-infundibulaire, pénétrer dans le lobe nerveux et s'y capillariser abondamment; c'est là une description conforme à celle des auteurs précédents. Un examen plus attentif démontre cependant que ce vaisseau ne fait que croiser le rameau anastomotique, contre lequel il s'applique étroitement mais avec lequel il ne communique pas. Il se constitue, au niveau même du rameau artériel transverse, par l'union de divers vaisseaux qui courent à la surface du tronc encéphalique et du toit du ventricule et qui proviennent de l'épaisseur du tissu nerveux; dans les dessins de nos prédécesseurs, ces vaisseaux sont dessinés comme des branches du rameau artériel anastomotique, dont ils sont en réalité indépendants. Dans des coupes sériées de matériel injecté, nous avons pu

(*) Séance du 7 novembre 1955.

(¹) *Rev. Soc. Argent. Biol.*, 11, 1935, p. 318-330.

(²) *Rev. Soc. Argent. Biol.*, 11, 1935, p. 309-313.

(³) *Anat. Rec.*, 99, 1947, p. 21-54.

(⁴) *Quart. Rev. Biol.*, 24, 1949, p. 1-27.

(⁵) *Ann. Rec.*, 74, 1939, p. 61-69.

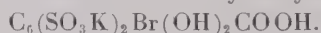
suivre ces vaisseaux dans l'épaisseur de l'encéphale et nous avons constaté qu'ils se capillarisent dans la substance nerveuse; certains rameaux se dirigent vers la surface dorsale de l'encéphale, d'autres vers les noyaux hypothalamiques.

Quant au vaisseau principal qui pénètre dans le lobe nerveux de l'hypophyse, l'examen histologique démontre qu'il s'agit bien d'une veine, que nous proposons d'appeler veine porte encéphalo-hypophysaire. L'ensemble des vaisseaux que nous venons de décrire constitue donc un système porte dont un des réseaux se trouve dans l'encéphale et l'autre dans le lobe nerveux de l'hypophyse; ces deux réseaux sont unis par la veine porte encéphalo-hypophysaire.

La situation de la veine encéphalo-hypophysaire en rend l'observation difficile sur le vivant. Cependant, par l'injection vasculaire successive de deux colorants différents (Bleu de Prusse soluble à 2 %, puis encre de Chine à 25 %), nous avons pu voir que le courant sanguin vient de l'encéphale en direction de l'hypophyse. La direction du courant sanguin dans le système porte qui dessert les lobes postérieur et intermédiaire de l'hypophyse se fait donc dans le même sens que dans le système porte qui dessert le lobe antérieur.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur un composé phénolique bromé extrait de l'algue rouge Halopitys incurvus*. Note (*) de MM. JEAN AUGIER et PIERRE MASTAGLI, présentée par M. Marcel Delépine.

Analogue à une substance précédemment trouvée dans la même famille de plantes, ce composé en diffère surtout par l'unique atome de Br et les deux OH phénoliques de sa molécule. C'est le sel de Na d'un acide dihydroxybenzoïque disulfoné :



Dans la famille des Rhodomélacées, certaines algues appartenant aux tribus des Polysiphoniées, Ptérosiphoniées, Amansiées, élaborent un dérivé disulfoné et dibromé d'un acide hydroxybenzoïque, salifié par le potassium, dont la formule a été publiée ici-même (¹).

En ce qui concerne *Halopitys incurvus* Batt, une autre Amansiée, la coloration violette prise par les extraits au contact du chlorure ferrique laissait présager (²) un chimisme comparable à celui des espèces déjà analysées. Grâce à d'abondantes récoltes (7 à 8 kg) effectuées près de Dinard, un phénol bromé fut effectivement extrait de cette plante, en quantité suffisante (plusieurs

(*) Séance du 19 décembre 1955.

(¹) P. MASTAGLI et J. AUGIER, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 775.

(²) *Rev. gén. Bot.*, 60, 1953, p. 257. Voir aussi pour *Rhodomela larix* : H. G. MAUTNER, G. M. GARDNER et R. PRATT, *J. Amer. Pharm. Ass. Sci. Ed.* 42, 1953, p. 294.

grammes, à l'état pur et cristallisé) pour permettre une étude détaillée. La comparaison de cette substance avec le corps antérieurement isolé révèle des ressemblances frappantes, mais aussi de nettes différences.

Les solutions aqueuses sont également neutres, à saveur astringente, vivement colorables en violet par FeCl_3 , mais la solubilité du phénol de *Halopitys* est nettement plus élevée. Pour une même dilution, ce dernier manifeste un pouvoir réducteur beaucoup plus énergique vis-à-vis de la solution froide de permanganate de potassium. Il contient à peu près la même proportion de soufre (13,3 %) et de potassium (15,5 %), mais le brome y est deux fois moins abondant (16,8 contre 30 %), et la molécule renferme un peu de sodium (4,7 %).

L'hydrolyse par l'acide chlorhydrique à 5 % au bain-marie bouillant libère SO_3H et une sorte de résine très peu soluble dans l'eau, devenant peu à peu jaune puis brune, sans cristalliser. Cette substance se colore en jaune verdâtre peu intense par FeCl_3 ; dans la soude étendue, elle se dissout et noircit très rapidement; elle est très soluble dans l'acétate d'éthyle, d'où elle reprécipite, amorphe, par addition d'éther de pétrole. L'analyse élémentaire de ce dérivé, diversement purifié, donne des résultats inconstants.

Le spectre d'absorption dans l'infrarouge a été réalisé de façon comparative avec les produits naturels extraits de *Polysiphonia* d'une part et de *Halopitys* d'autre part. Il apporte une évidente confirmation de l'analogie étroite qui unit les deux corps et les rattache à un acide hydroxybenzoïque. On trouve les bandes d'absorption à 670 et 1030 cm^{-1} qui correspondent à ArSO_3^- , la bande 760 cm^{-1} qui correspond au noyau phényl trisubstitué asymétrique⁽³⁾, les

bandes 1425 et 1550-1630 cm^{-1} qui correspondent à $\text{C} \begin{array}{c} \text{O} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{O} \end{array}$ (⁴). On trouve enfin un hydroxyl libre à 3600 cm^{-1} (⁵).

L'originalité de la substance nouvelle se manifeste dans l'existence d'une fonction phénol supplémentaire; elle doit donc être considérée comme le sel de sodium d'un corps de formule $\text{C}_6(\text{SO}_3\text{K})_2\text{Br}(\text{OH})_2\text{COOH}$. Une étude plus poussée permettra de situer à leur place respective les diverses fonctions sur le noyau benzénique, et de rendre compte des fortes dissymétries moléculaires révélées par le spectrogramme.

Il reste à reconnaître l'importance de ce nouveau produit dans la systématique, et, plus encore, le rôle physiologique de la famille de corps à laquelle il appartient.

(³) WHIFFEN et THOMPSON, *J. Chem. Soc.*, 1945, p. 268; THOMPSON et TORKINGTON, *Trans. Faraday Soc.*, 41, 1945, p. 246.

(⁴) RASSMUSSEN et BRATTAIN, *J. Amer. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 1073.

(⁵) FOX et MARTIN, *Proc. Roy. Soc. (London)*, A 162, 1937, p. 419

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Structure de deux triholosides isolés du lait de Femme.*

Note de M. JEAN MONTREUIL, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Deux triholosides, formés de glucose, galactose et fucose, ont été isolés du lait de Femme par chromatographie séparative sur papier et leur structure a été déterminée.

La chromatographie séparative sur papier Whatman n° 3 à l'aide du système-solvant : pyridine/acétate d'éthyle/eau (1 : 2 : 2) nous a permis d'isoler du lait de Femme un certain nombre de polysides dont nous avons établi la composition ⁽¹⁾. Grâce à leur comportement chromatographique différent dans les systèmes-solvants phénoliques, nous avons pu obtenir à l'état pur deux triholosides, 2A et 2B, lévogyres et réducteurs; le dosage des oses constituants (glucose, galactose, fucose) par notre technique au ferri-cyanure ⁽²⁾ a montré que les proportions moléculaires étaient identiques dans les deux osides (1 : 1 : 1).

L'application de méthodes analytiques décrites dans une Note précédente ⁽³⁾ (analyse chromatographique des produits de l'hydrolyse sulfurique partielle; analyse chromatographique des hydrolysats sulfuriques des acides aldoniques obtenus par oxydation bromique) nous avait permis de conclure que chacun des deux triholosides était un *fucosido-lactose*. Dans un Mémoire récent, Kuhn et coll. ⁽⁴⁾ ont donné la formule développée d'un triholoside isolé du lait de Femme : il s'agit d'un α -L-*fucopyranosido-2.β-D-galactopyranosido-4.D-glucopyranose*. Cependant, Kuhn n'a pas confirmé l'existence de deux triholosides isomères.

Nous avons repris l'étude de la structure des triholosides 2A et 2B en appliquant une technique de dégradation alcaline des polysides décrite par Kuhn : si l'on traite un polyside réducteur pendant un temps très court à 100°C par une solution diluée de carbonate de sodium, l'ose porteur de la fonction réductrice est transformée en cétose correspondant, puis dégradé, tandis que les liaisons osidiques sont rompues. Dans ces conditions, le fucosido-lactose isolé du lait de Femme par Kuhn conduit à un triholoside cétosique, le *fucosido-lactulose*, à un diholoside, le *fucosido-galactose*, et à un composé non identifié.

Le mode opératoire est le suivant : 10 mg de polyside sont dissous dans 1 ml de carbonate de sodium M/40 et maintenus à 100° C pendant 5 mn; l'hydrolysate, purifié par un passage sur une microcolonne de résine échan-

(1) M. POLONOVSKI et J. MONTREUIL, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2263.

(2) J. MONTREUIL, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 31, 1949, p. 1639.

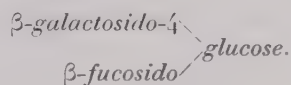
(3) J. MONTREUIL, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 510.

(4) R. KUHN, H. H. BAER et A. GAUHE, *Chem. Ber.*, 8, 1955, p. 1135.

geur de cation (à acide sulfonique), est évaporé à siccité, puis repris par 0,2 ml d'eau distillée; 10 μ l de la solution obtenue sont soumis à l'analyse chromatographique dans le système-solvant : pyridine/acétate d'éthyle/eau. Le tableau suivant précise la nature des produits de dégradation alcaline des triholosides 2A et 2B.

Triholoside.	Produits de dégradation alcaline.	Rg par rapport au lactose.
2 A	Triholoside 2 A non hydrolysé.....	0,72
	Triholoside : fucose, galactose, <i>fructose</i>	0,96
	Diholoside : fucose, galactose.....	1,50
	Tache non identifiée.....	1,75
2 B	Galactose.....	1,60
	Fucose.....	2,34

Le triholoside 2A est donc identique au triholoside dont Kuhn et coll. ont déterminé la constitution. Quant au triholoside 2B, son hydrolyse alcaline fournit du galactose et du fucose en proportions équimoléculaires, la dégradation du glucose entraînant la rupture immédiate des *deux* liaisons glucosidiques : ce résultat ne peut s'expliquer que par une structure ramifiée, et le triholoside 2B doit être un



CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Augmentation de l'activité adénosinetriphosphatasique et de la consommation d'acide pyruvique du cristallin dans le diabète expérimental et sa signification.* Note (*) de M. PAUL MANDEL, M^{me} MARIE-LOUISE SCHMITT et M. CARLO ALBERTO QUARANTA, présentée par M. René Fabre.

Un accroissement de l'activité adénosinetriphosphatasique (ATP asique) et une augmentation de la consommation de l'acide pyruvique du cristallin, sont mis en évidence dans deux formes de diabète expérimental réalisées chez deux espèces de mammifères. Ces phénomènes peuvent s'expliquer par une adaptation enzymatique au trouble du métabolisme des glucides du diabète.

Au cours de recherches antérieures ⁽¹⁾, nous avons constaté une réduction des composés phosphorés riches en énergie ($\sim$ P) dans le cristallin d'animaux âgés. Il en était de même durant la période qui précède l'opacification du cristallin chez des rats atteints de diabète expérimental ⁽²⁾. Nous avons émis l'hypothèse, que la diminution des disponibilités en énergie que reflète la

(*) Séance du 14 décembre 1955.

(1) J. NORDMANN et P. MANDEL, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 834.

(2) J. NORDMANN et P. MANDEL, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 426.

réduction des liaisons riches en énergie, entrave le renouvellement normal des protéines cristalliniennes et conduit à la production de cataractes. Dès lors, il nous a paru intéressant de rechercher les modifications de l'activité enzymatique ou métabolique, qui se trouvent à l'origine de la réduction des réserves d'énergie du cristallin. C'est ainsi que nous fûmes amenés à étudier l'activité ATPasique et la consommation d'acide pyruvique au cours du diabète expérimental, lequel entraîne quasi régulièrement une opacification du cristallin.

Nos essais ont porté sur un total de 46 lapins adultes d'un poids variant entre 1,700 et 2,300 kg et sur 188 rats blancs. Les lapins au nombre de 14 ont été rendus diabétiques par une injection intraveineuse de dithizone à raison de 50 à 70 mg/kg. Les rats au nombre de 89 ont reçu une injection sous-cutanée d'une solution d'alloxane à 5 %, à raison de 300 mg par kilogramme d'animal. L'état diabétique a été contrôlé par la détermination régulière de la glycémie et de la glycosurie. Nous n'avons retenu que les animaux ayant présenté un diabète permanent. L'activité ATPasique a été déterminée par une méthode manométrique selon une technique décrite ailleurs ⁽³⁾. La consommation d'acide pyruvique a été évaluée par la différence entre la quantité présente avant et après incubation d'homogénats de cristallin à 38°. Le dosage de l'acide pyruvique a été effectué selon Lardy ⁽⁴⁾.

Les résultats de nos essais sont consignés dans les tableaux ci-après.

Il résulte de l'examen du tableau I que l'activité ATPasique s'accroît dans le cristallin de lapins et rats diabétiques respectivement de 58,9 et 76,1 %. Par ailleurs, pour tous les rats traités et pour 9 lapins sur 10, les valeurs les plus faibles relevées chez les sujets diabétiques sont plus élevées que les chiffres les plus forts des témoins normaux. Les résultats s'avèrent donc parfaitement significatifs, ce que confirme le calcul statistique et la valeur du coefficient de Student-Fisher : t . Comme l'on fait observer Johnson et Ackermann ⁽⁵⁾ dans l'étude de l'oxydation de l'acide α -cétoglutarique par les mitochondries en présence de noyaux, il est vraisemblable que l'activité ATPasique stimule cette oxydation. Ainsi dans le cas du cristallin des diabétiques, on pourrait également envisager que l'accroissement de l'activité ATPasique favorise un phénomène d'oxydation.

Un témoignage direct de l'activation d'une séquence du catabolisme des glucides des cristallins d'animaux diabétiques nous est fourni par l'étude de la consommation d'acide pyruvique. Cette dernière s'avère accrue d'une façon nette autant sur les lapins traités par la dithizone que chez les rats alloxanés. En effet, les valeurs les plus faibles notées chez les animaux diabétiques sont supérieures aux chiffres les plus forts que fournissent les témoins. Le coefficient de Student-Fisher confirme que les différences sont parfaitement significatives.

⁽³⁾ P. MANDEL et M^{me} M. L. SCHMITT, *Experientia* (sous presse).

⁽⁴⁾ H. A. LARDY, in W. W. UMBREIT, R. H. BURRIS et J. F. STAUFFER, *Manometric Techniques*, Burgess Publishing Co., 1949.

⁽⁵⁾ *J. Biol. Chem.*, 200, 1953, p. 263.

TABLEAU I. *Activité adénosinetriphosphatasique* (Valeurs exprimées en micromoles de phosphate dégagées en 30 mn par 100 g de poids frais d'homogénat).

Espèce.	Nombre d'animaux.	Traitement.	Acide phosphorique (valeur moyenne).	$s = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$	$t = \frac{\bar{x}_2 - \bar{x}'}{s(\bar{x}_2 - \bar{x}')}$
Lapin.....	25	Néant	185,5	21,6	—
	10	Dithizone	294,7	61,1	8,3
Rat.....	45	Néant	195	28,5	—
	45	Alloxane	343,4	41,3	6,6

S, erreur standard; x , valeurs expérimentales; n , nombre d'expériences $\bar{x}_1$, moyenne des valeurs expérimentales. $\bar{x}_2$, moyenne des valeurs expérimentales des animaux diabétiques; $\bar{x}'$, moyenne des valeurs expérimentales des témoins.

TABLEAU II. *Consommation d'acide pyruvique*. (Valeurs exprimées en milligrammes d'acide pyruvique consommé en 40 mn pour 100 g de poids frais d'homogénat).

Espèce.	Nombre d'animaux.	Traitement.	Acide pyruvique (valeur moyenne).	$s = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$	$t = \frac{\bar{x}_2 - \bar{x}'}{s(\bar{x}_2 - \bar{x}')}$
Lapin.....	7	Néant	104,04	16,05	—
	4	Dithizone	156,62	21,20	6,4
Rat.....	54	Néant	21,87	3,26	—
	44	Alloxane	42,74	5,9	10,0

Voir indications du tableau I.

On en arrive ainsi à concevoir l'existence dans le diabète de phénomènes d'activation enzymatique à côté des blocages de réactions fondamentales du catabolisme des glucides, blocages mis en évidences par divers auteurs ⁽⁶⁾, ⁽⁷⁾. De plus, les faits que nous venons de rapporter peuvent inciter à penser, que dans l'état diabétique, certaines activités enzymatiques se trouvent stimulées par suite d'une adaptation tendant à contrebalancer des phénomènes d'inhibition.

PHARMACODYNAMIE. — *Action antagoniste de substances se rattachant à la thiamine vis-à-vis des effets paralysants musculaires de curarisants acétylcholinomimétiques*. Note de MM. JEAN CHEYMOL et FRANÇOIS BOURILLET, présentée par M. Léon Binet.

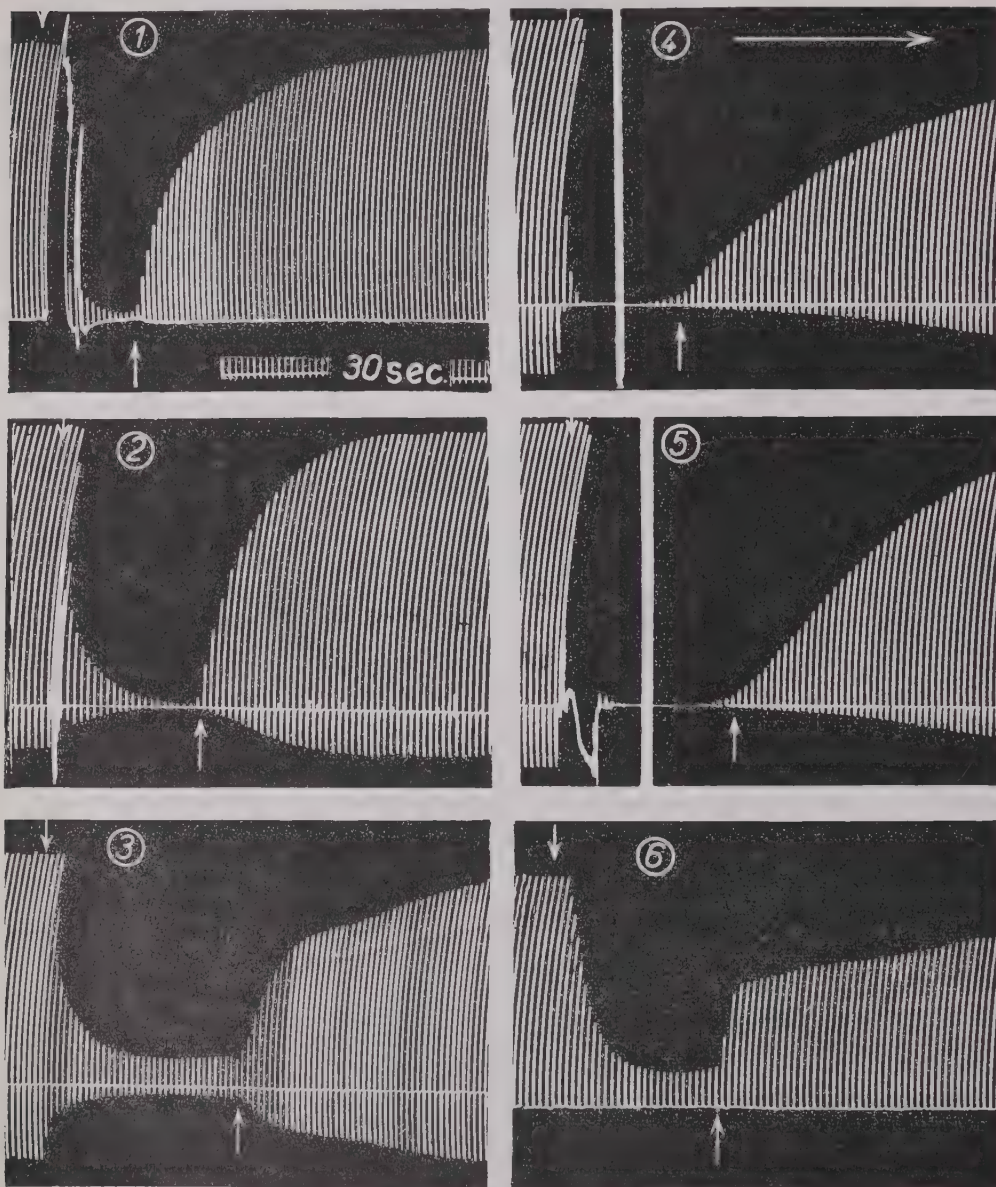
Sur la préparation nerf phrénique-diaphragme isolée de Rat, nous avons montré la thiamine capable de faire reprendre les mouvements musculaires inhibés par des substances curarisantes type « acétylcholinomimétiques » ⁽¹⁾.

⁽⁶⁾ I. L. CHAIKOFF, *Harvey Lectures*, 47, 1951-1952, p. 99.

⁽⁷⁾ C. F. CORI, *Harvey Lectures*, 41, 1945-1946, p. 253.

⁽¹⁾ Voir J. CHEYMOL, F. BOURILLET et L. KERP, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 530.

Nous étendons aujourd'hui cette propriété à des substances du groupe thiamine : *thiochrome*, *co-carboxylase*, *acétylthiamine*, à une antivitamine B₁ :



Action du Chte de thiamine et de substances s'y rattachant sur la préparation nerf-muscle du Chat anesthésié.

1, 2, 4, 5, nerf sciatique-muscle tibial antérieur;

3, 6, nerf sciatique-muscle soléaire.

En (↓), injection de succinylcholine 75-90 μ g/kg selon les cas.

En (↑): *tracé 1* : Chte de thiamine 25 mg/kg; *tracé 2* : Chte acétylthiamine 18 mg/kg; *tracé 3* : chte de pyramine 25 mg/kg; *tracé 4* : thiochrome 14 mg/kg; *tracé 5* : cocarboxylase 25 mg/kg; *tracé 6* : brométhylate du groupement thiazol 15 mg/kg.

pyramine et au bromométhylate de la partie thiazolique de la thiamine. Cette action est indiquée cette fois sur la préparation nerf sciatique-muscle tibial antérieur ou soléaire du Chat anesthésié ⁽²⁾. Des résultats expérimentaux sont groupés dans la figure ci-jointe.

Le paralysant utilisé dans les six expériences rapportées est la succinylidicholine mais les essais ont été généralisés sur d'autres curarisants du même type : tels que le décaméthonium et une dicarbamoylcholine synthétisée au laboratoire : le 606 H. C. ⁽³⁾.

L'action antagoniste de la vitamine B₁ vis-à-vis des effets paralysants par dépolarisation de la plaque motrice des « acétylcholinomimétiques » se retrouve dans les cinq autres substances étudiées du même groupe thiaminique. Les modalités différentes de ces actions constitueront une partie d'un Mémoire d'ensemble sur les propriétés tantôt curarisantes tantôt anticurarisantes de ces corps.

PHARMACOLOGIE. — *Isolement de deux stéroïdes fluorés dans les urines de malades traités par l'acétate de 9- α -fluorocortisol.* Note de MM. SERGE WEINMANN, ÉTIENNE-ÉMILE BAULIEU, GUY DELTOUR et MAX-FERNAND JAYLE, présentée par M. Léon Binet.

Après administration, per os, à trois malades, d'acétate de 9- α -fluoro- Δ_4 -prégène 11- β -17- α -21-triol-3, 20-dione, nous avons isolé dans les urines deux de ses métabolites : le premier, libre, est la 9- α -fluoro- Δ_4 -prégène, 11- β -17- α -21-triol-3, 20 dione ; le second conjugué est un 9- α -fluoro-pregnane 17- α -21-dihydroxylé-20 cétonique.

La fixation en 9- α d'un atome de fluor sur la molécule de cortisol ou composé F de Kendall (Δ_4 -prégnène-11- β -17- α -21-triol-3, 20-dione) ⁽¹⁾ exalte plusieurs de ses activités biologiques ⁽²⁾. Le mécanisme de cette potentialisation n'est pas encore élucidé. Nous démontrons que, partiellement du moins, le fluor reste fixé sur la molécule de ce stéroïde de synthèse (FF), au cours de son catabolisme chez l'Homme.

Nous indiquons ci-après les sujets examinés. Les urines étudiées sont

⁽²⁾ Chat anesthésié (chloralose : 80 mg/kg; Nembutal 20 mg/kg), voie intraveineuse, soumis à la respiration artificielle, nerf excité rythmiquement six fois par minute à l'aide d'une valve électronique, injections du curarisant et des antagonistes éventuels par la jugulaire.

⁽³⁾ J. CHEYMOL, R. DELABY, P. CHABRIER, H. NAJER et F. BOURILLET, *Arch. inter. Pharmacodyn. et Thérapie*, 98, 1954, p. 161-182.

⁽¹⁾ J. FRIED et E. SABO, *J. Amer. chem. Soc.*, 75, 1953, p. 2273.

⁽²⁾ A. GOLDFIEN, J. C. LAIDLAW, A. HAYDARN, A. E. RENOLD et C. W. THORN, *New-England J. med.*, 252, 1955, p. 415.

celles des 24 h (1), (2) ou des 48 h (3), suivant l'administration de l'acétate de FF.

Diagnostic.	Age.	Sexe.	Posologie.
1. Insuffisance surrénale.....	40 ans	M	5 mg per os
2. Leucémie aiguë.....	5 »	M	25 »
3. Leucémie aiguë.....	5 »	M	50 »

Technique d'isolement des stéroïdes. — Les urines sont extraites par HCCl_3 à pH 7 (fraction libre) puis hydrolysées par les enzymes du suc digestif d'*Helix Pomatia* (L.) (glycuronidases et sulfatases) et réextraites par HCCl_3 (fraction conjuguée). Les deux extraits sont chacun fractionnés par le mélange : benzène, 1 ; eau, 10. Les stéroïdes hydrosolubles, seuls étudiés, sont chromatographiés sur papier Watmann n° 2 dans un système : toluène, 10 ; eau, 5, méthanol, 5 à 35°C. Les stéroïdes α -cétoliques repérés par le chlorure de triphényltétrazolum (TPTZ) sont caractérisés et dosés.

Par comparaison avec les chromatogrammes d'extraits urinaires de malades traités par de la cortisol, nous avons été amenés à étudier deux stéroïdes particuliers :

Le premier, retrouvé uniquement dans la fraction libre, a un Rf de 0,07. Il réduit le TPTZ en milieu alcalin, est formaldéhydogène après oxydation périodique, réagit avec la phénylhydrazine en milieu sulfurique. Ces trois réactions l'identifient comme un 17.21-dihydroxy-20 cétostéroïde.

Après chauffage en milieu sodique, il donne une fluorescence jaune, en lumière de Wood, caractérisant une cétone en 3 conjuguée à une double liaison en 4-5.

Après chauffage en milieu phosphorique à 15 %, il se développe une vive fluorescence jaune en lumière ultraviolette.

Tous ces caractères sont identiques à ceux d'un échantillon FF pur.

Le deuxième stéroïde, présent exclusivement dans la fraction conjuguée, a un Rf de 0,51 ; comme le précédent, il a une chaîne latérale 17-21-dihydroxylée-20 cétonique. Il donne également une fluorescence jaune en lumière de Wood après chauffage en milieu phosphorique. Par contre, le noyau A est saturé (pas de fluorescence jaune en lumière ultraviolette après chauffage en milieu sodique). De plus, il est fluoré : en effet, après élution et minéralisation, nous avons pu caractériser et doser le fluor (réaction avec le nitrate de thorium à 0,02 % en présence de jaune d'alizarine). La recherche de fluor dans les éluats des autres stéroïdes des mêmes chromatogrammes, a donné des résultats négatifs.

Discussion. — Étant donné la faible quantité des stéroïdes isolés, l'analyse spectrographique infrarouge des deux composés n'a pas été possible. Cependant, la concordance de l'appréciation semi-quantitative des taches du chromatogramme et des dosages effectués sur les éluats par la réaction à la

phénylhydrazine, le pouvoir formaldéhydogénique et le dosage du fluor (un atome par molécule de stéroïde) nous semble suffisant pour justifier nos conclusions.

Nous estimons que la découverte de ces deux métabolites fluorés offre une hypothèse de travail pour élucider les propriétés physiologiques remarquables du composé administré.

PHYSIOLOGIE BACTÉRIENNE. — *Colicines et prolysines*. Note (*) de MM. JACQUES PANIJEL et JOSEPH HUPPERT, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

La production de prolysine, qui accompagne généralement la multiplication des phages virulents et tempérés peut s'effectuer spontanément en dehors de tout développement de phages et être induite par irradiation ultraviolette chez certaines bactéries colicinogènes non lysogènes.

Dans une série de publications antérieures ⁽¹⁾, nous avons montré que la multiplication des phages virulents ou tempérés s'accompagnait toujours de la production d'une substance, dotée de propriétés bien déterminées, capable notamment de lyser la poudre acétonique de bactéries.

De telles substances, que nous avons proposé d'appeler « prolysines », voulant marquer par là qu'elles ne se comportent pas comme des enzymes protéolytiques, ne peuvent être identifiées avec les « bactériocines » étudiées par P. Fredericq ⁽²⁾. En effet, bien qu'elles soient les unes et les autres de nature protéique :

a. les bactériocines manifestent exclusivement une activité bactéricide sur les bactéries vivantes, alors que les prolysines, régulièrement actives sur poudre acétonique de bactéries, manifestent leur activité éventuelle sur les bactéries vivantes au niveau de certaines synthèses d'antigènes, et non pas à celui des mécanismes de division ⁽³⁾;

b. les bactéries bactériocinogènes sont, sauf exception ⁽⁴⁾ résistantes à leur bactériocines, tandis que les bactéries d'une culture productrice de prolysine sont dans certaines conditions sensibles à cette prolysine;

c. enfin et surtout, il n'a pas encore été possible de mettre en évidence une synthèse de bactériocines accompagnant le développement des phages.

Ces observations qui marquent une nette distinction entre les modes d'action des deux types de substances, ne prouvent pas cependant qu'elles soient sans point commun pour ce qui concerne leurs mécanismes de

(*) Séance du 19 décembre 1955.

(1) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 745, 1168, 1452 et 2465.

(2) *Ann. Inst. Pasteur*, 84, 1953, p. 294.

(3) V. SERTIC et N. A. BOULGAKOV, *C. R. Soc. Biol.*, 126, 1937, p. 734.

(4) F. J. RYAN, P. FRIED et E. MUKAI, *Bioch. Bioph. Acta*, 18, 1955, p. 131.

synthèse. La présente Note apporte un certain nombre d'arguments en faveur d'une telle hypothèse.

A. Un certain nombre de souches de *Escherichia coli*, telles que *E. coli* CA 7, *E. coli* ML qui sont spontanément productrices de colicine sont également spontanément productrices de prollysines, hors de l'intervention de tout phage infectant; bien mieux, la prollysine apparaît dans les conditions mêmes qui déterminent la production de colicine notamment chez les cultures ayant déjà atteint la phase stationnaire de croissance soit uniquement en bouillon (cas de *E. coli* ML), soit également en milieu synthétique (cas de *E. coli* CA 7).

B. Jacob et coll. ⁽⁵⁾ et Fredericq ⁽⁶⁾ ont montré qu'il existait des souches de *E. coli* susceptibles de produire la colicine après induction par irradiation ultraviolette. C'est le cas, aussi bien pour des souches déjà lysogènes telles que *E. coli* ML que pour des souches certainement non lysogènes telles que *E. coli* CA 18. Or nous avons observé en l'un et l'autre cas que l'induction s'effectuait non seulement pour la colicine mais également pour la prollysine : ainsi par exemple, en milieu synthétique 70 ⁽¹⁾, les premières traces de colicine apparaissent à la 80^e minute après irradiation chez *E. coli* ML, les premières traces de prollysine à la 95^e minute; en bouillon, ces temps sont respectivement de 40 et 50 mn. Chez *E. coli* CA 18, qui permet d'éliminer toute interférence avec les phénomènes de lysogénie, et qui ne se manifeste pas, comme l'a bien vu P. Fredericq ⁽⁶⁾, le phénomène de lyse massive d'induction qui semble propre aux souches lysogènes, la production de prollysine commence avant la 35^e minute en bouillon et avant la 60^e minute en milieu synthétique 70. Ultérieurement, aussi bien chez *E. coli* ML que chez *E. coli* CA 18 et quel que soit le milieu, les quantités de colicine présente et celles de prollysine augmentent parallèlement sans qu'on puisse décider si le décalage existant entre les temps d'apparition des deux substances est significatif ou s'il est dû à la différence de sensibilité entre les méthodes de dosage (les conditions de titration permettent en effet de titrer l'activité colicine sur une quantité de milieu dix fois plus faible que celle nécessaire au dosage de la prollysine).

C. Ces divers résultats posent évidemment la question de savoir si les deux activités ne sont pas, dans le cas de souches telles que *E. coli* ML ou CA 18, le fait d'une seule et même substance.

Les expériences d'adsorption que nous avons effectuées prouvent qu'il n'en est rien. En effet, la colicine ne s'adsorbe pas sur la poudre acétonique de bactéries et peut être totalement récupérée après une mise en contact de 35 mn à 37° avec la poudre acétonique. En prolongeant ce temps de

⁽⁵⁾ F. JACOB, L. SIMINOVITCH et E. WOLLMAN, *Ann. Inst. Pasteur*, 83, 1952, p. 315.

⁽⁶⁾ C. R. Soc. Biol., 147, 1954, p. 1276.

contact, une quantité croissante de substance est inactivée par la chaleur. Or, à l'inverse, la prollysine est totalement adsorbée sur la poudre acétonique en 10 à 15 mn. L'expérience complémentaire permet de montrer d'autre part que sur les bactéries sensibles vivantes (*E. coli* ϕ), la colicine est totalement adsorbée si la concentration limite est atteinte, tandis que 50 % de la prollysine reste encore inadsorbée dans le milieu.

Bien que nous ne possédions pas encore d'interprétation définitive de ces résultats, on ne peut manquer d'être frappé par les relations existant entre deux types de substances aussi différentes que prollysines et colicines : si l'on rappelle que R. Latarjet et P. Fredericq ⁽¹⁾ ont réussi à identifier la colicine K avec la protéine léthale du flagelle de T 6, et que nous avons nous-mêmes démontré la généralité du phénomène de production de la prollysine lors de la multiplication des phages, l'intérêt de ces relations apparaît d'autant plus vif pour ce qui concerne l'étude biochimique des mécanismes de synthèse des phages.

VIROLOGIE. — *Multiplication du virus rabique, (virus fixe et virus des rues) dans les cultures de tissus en dialyse.* Note (*) de M. JEAN VIEUCHANGE, présentée par M. Jacques Tréfouël.

La technique de culture des tissus en dialyse permet d'obtenir la multiplication du virus rabique *in vitro*, qu'il s'agisse du virus fixe ou du virus des rues. La comparaison des résultats obtenus avec cette technique d'une part et la technique ordinaire des tubes roulants d'autre part, souligne l'intérêt de la culture des tissus en dialyse pour l'étude du virus de la rage.

La méthode de culture des tissus en tubes roulants a permis la culture du virus rabique fixe ⁽¹⁾. Toutefois, dans les divers essais de culture du virus fixe, la dernière dilution virulente de la phase liquide des cultures avait été en général de 1 % et avait été une seule fois de 1 pour 200. Ce taux du virus dans les liquides de culture a vraisemblablement été à l'origine de l'échec de certains essais : c'est ainsi que ce matériel s'était révélé impropre à la vaccination du lapin et à la réaction de déviation du complément. D'autre part, la méthode de culture des tissus en tubes roulants n'a pas donné de résultats régulièrement positifs pour la culture du virus rabique des rues ⁽²⁾.

(1) *Virology*, 1, 1955, p. 100.

(*) Séance du 19 décembre 1955.

(1) R. BÉQUIGNON, J. GRUEST, C. VIALAT et J. VIEUCHANGE, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1162.

(2) J. VIEUCHANGE, C. VIALAT, J. GRUEST et R. BÉQUIGNON, à paraître in *Ann. Institut Pasteur*.

La divergence des résultats obtenus au moyen de la technique ordinaire des tubes roulants, pour le virus des rues, d'une part, et le virus fixe, d'autre part, est probablement en corrélation avec la durée respective de la période d'incubation des deux souches.

Ceci nous a conduit à utiliser, pour la culture du virus rabique, la méthode de culture de tissus en dialyse que nous avons précédemment décrite⁽³⁾ et qui permet d'espacer beaucoup les changements du milieu nutritif qui se trouve directement au contact de la culture de tissus. Rappelons qu'avec cette technique la culture de tissu est disposée sur les parois d'un tube dialyseur dont le fond est constitué par une membrane de cellophane, la culture étant pratiquée comme s'il s'agissait d'un tube ordinaire. Ce tube est placé dans un tube plus gros qui contient le milieu contre lequel est effectuée la dialyse.

Dans les essais dont nous rapportons les résultats, le liquide dialyseur choisi était le milieu nutritif lui-même. Les changements du liquide de dialyse ou liquide extérieur étaient faits au même rythme que les changements du milieu nutritif des tubes ordinaires, soit entre 3 et 7 jours. Le liquide intérieur des tubes dialyseurs, était changé à des intervalles de temps identiques ou beaucoup plus longs, pouvant atteindre 40 jours.

Virus rabique fixe. — Dans un essai, nous avons commencé par comparer les taux respectifs du virus libéré, d'une part, dans les cultures en tubes roulants ordinaires et, d'autre part, dans le liquide intérieur des tubes dialyseurs, le tissu cultivé étant le cerveau d'embryon de souris. Ce titrage comparatif a été effectué le 4^e jour après l'inoculation du virus (0,1 ml d'une suspension à 1 % en poids de cerveau de lapin infecté). Des dilutions ont été effectuées avec les liquides rassemblés de chaque série de tubes; ces liquides étaient préalablement centrifugés pour éliminer toute cellule. Les dilutions étaient inoculées au lapin par voie intracérébrale. La dernière dilution virulente des liquides des cultures en tubes roulants ordinaires était de 1 %, alors que celle des liquides intérieurs des cultures en tubes dialyseurs atteignait 1⁰/₁₀₀.

De plus, la virulence des cultures en tubes dialyseurs a été titrée à l'occasion des 2^e, 3^e, 7^e et 9^e changements de milieu. Le liquide intérieur prélevé à l'occasion de ces divers changements était virulent jusqu'au 1/1000^e le 9^e jour, au 1/1000^e le 18^e jour, au 1/100^e le 94^e jour et au 1/100^e le 162^e jour. Signalons que dans les conditions de nos expériences le virus n'a jamais diffusé à l'extérieur du tube dialyseur.

Virus rabique des rues. — De même que dans l'essai effectué avec le virus fixe, le tissu choisi a été le cerveau d'embryon de souris. Au 11^e jour,

(3) J. VIEUCHANGE, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1869.

les cultures de tissus ont été ensemencées avec le virus rabique des rues, souche Ca (0,2 ml d'une suspension au 1/100^e en poids de cerveau de lapin infecté). Le délai séparant les changements du liquide extérieur des tubes dialyseurs a varié de 3 à 5 jours; les changements du milieu nutritif de la culture en tube roulant ordinaire étaient effectués parallèlement. Par contre, le liquide intérieur des tubes dialyseurs n'a été changé que trois fois pendant toute la durée de l'essai — bien que celle-ci ait été de 80 jours. Le liquide intérieur a été prélevé à l'occasion de ces changements et la virulence recherchée séparément pour chacun des tubes de culture par inoculation intracérébrale au lapin, le liquide de culture étant centrifugé avant l'inoculation afin d'éliminer les cellules. La virulence de trois cultures en tubes dialyseurs a été contrôlée le 20^e jour (1^{er} prélèvement), le 47^e jour (2^e prélèvement) et le 80^e jour (3^e prélèvement). Les liquides de tous les tubes quel qu'ait été le moment du prélèvement, ont été constamment virulents, les lapins étant pris de rage typique entre le 11^e et le 16^e jour après l'inoculation intracérébrale. Par contre, la recherche de la virulence du liquide prélevé dans la culture effectuée en tube roulant ordinaire, à l'occasion du 1^{er} changement de milieu (4^e jour) et du 5^e changement (20^e jour) a été totalement négative.

Nos recherches ont porté sur la multiplication du virus; les observations encore incomplètes, faites au cours de l'examen des cellules infectées seront données ultérieurement.

Conclusions. — L'utilisation de la méthode de culture des tissus en dialyse permet d'obtenir la multiplication du virus rabique *in vitro*, qu'il s'agisse du virus fixe ou du virus des rues.

1^o En ce qui concerne le virus fixe, la comparaison du taux de virus obtenu respectivement dans les cultures en tubes roulants ordinaires, d'une part, et dans les cultures des tissus en dialyse, d'autre part, montre que ce taux est plus élevé dans les cultures en dialyse.

2^o Alors que la culture des tissus en tubes roulants ordinaires ne permet pas d'obtenir une multiplication régulière du virus rabique des rues, au contraire avec les cultures de tissus en dialyse la virulence est retrouvée dans les diverses cultures ensemencées avec cette souche et d'une façon régulière dans les divers essais pratiqués au cours d'une culture donnée. Il y a libération effective du virus dans le milieu nutritif.

La comparaison des résultats obtenus avec les deux techniques de culture de tissu, culture en tubes roulants, d'une part, et culture en dialyse, d'autre part, montre l'intérêt de cette dernière technique pour la culture *in vitro*, du virus rabique.

IMMUNOCHIMIE. — *Propriétés antigéniques de la sérum-albumine cristallisée de Cheval traitée par le formol et la chaleur.* Note de M. **JEAN-JACQUES PÉREZ** et M^{lle} **CÉCILE SERGENT**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'albumine ainsi traitée perd presque complètement son antigénicité et n'acquiert pas une nouvelle spécificité antigénique.

Dans une Note précédente ⁽¹⁾, nous avons vu que l'albumine cristallisée du sérum de Cheval traitée par le formol, dans des conditions données, puis chauffée 12 h à 100° perdait presque complètement la propriété de précipiter avec les immunsérums de Lapin anti-albumine ⁽²⁾. Pour savoir si la disparition du pouvoir précipitant était due — comme dans le cas du plasma déspecifié ⁽³⁾ — à un changement de spécificité de l'albumine nous avons cherché à provoquer — chez le Lapin — la formation d'anticorps précipitants par immunisation avec de l'albumine formolée et chauffée 12 h (A. F. C.). Pour cela, les Lapins ont été soumis, comme précédemment avec l'albumine naturelle, à une série d'injections intraveineuses d'A. F. C. adsorbée sur de l'alumine. L'A. F. C. s'est révélée ainsi douée d'un très faible pouvoir antigénique, beaucoup plus faible encore que celui du plasma ou de la fraction V bovine déspecifiés ⁽⁴⁾. En effet, quel que soit le rythme des injections : 1° il a toujours fallu un beaucoup plus grand nombre d'injections pour obtenir des sérums précipitants avec l'A. F. C. qu'avec l'albumine; 2° le quart seulement des animaux en expérience a donné un taux appréciable d'anticorps précipitants; 3° ce taux n'a atteint ou dépassé 0,100 mg (évalué en azote) par centimètre cube que chez deux animaux sur 25 alors qu'il a atteint jusqu'à 1 mg avec l'albumine naturelle; 4° enfin la présence des anticorps a souvent été assez fugace.

Avec les immunsérums renfermant suffisamment d'anticorps, nous avons étudié quantitativement, comme précédemment, le pouvoir précipitant de l'A. F. C. et de l'albumine ⁽¹⁾. Les résultats obtenus avec un de ces immunsérums sont consignés dans le tableau ci-après.

Ce tableau montre que le sérum anti-A. F. C. précipite aussi avec les albumines normales. Mais, avec les A. F. C. : 1° le maximum de précipitation et la zone d'équivalence sont déplacés vers les plus grandes concentrations en antigène; 2° les quantités de complexe antigène-anticorps

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1181.

⁽²⁾ Plus précisément : l'A. F. C. précipite un peu avec certains immunsérums anti-albumine et ne précipite pas avec d'autres.

⁽³⁾ J. J. PÉREZ et C. SERGENT, *C. R. Soc. Biol.*, 147, 1953, p. 1861.

⁽⁴⁾ J. J. PÉREZ et J. STORCK, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 36, 1954, p. 1067-1075.

précipitées sont plus élevées. Mais, si les quantités de complexe précipité sont plus grandes avec l'A. F. C. qu'avec l'albumine, la quantité d'anticorps précipitée, à la zone d'équivalence est, dans les deux cas, aux erreurs de mesure près, sensiblement la même. L'albumine ne donne donc pas, à proprement parler, une réaction croisée avec les anticorps anti-A. F. C. car, dans une réaction croisée, l'antigène hétérologue ne précipite qu'une partie des anticorps. On pourrait penser que les A. F. C. sont mélangées à une petite quantité d'albumine non modifiée par le traitement et que ce sont ces albumines seules qui ont provoqué chez l'animal la formation d'anticorps. Les immunosérums ne renfermeraient donc que des anticorps anti-albumine. La plus grande quantité de complexe antigène-anticorps précipité avec l'A. F. C. qu'avec l'albumine résulterait simplement d'une adsorption de l'albumine normale sur les grosses molécules d'A. F. C.

Addition de quantités variables d'antigène

(A. F. C. ou albumine cristallisée) à 1 cm³ d'immunosérum anti-A. F. C.

Antigène ajouté (mg d'N).	Antigène.					
	Albumine cristallisée.			A. F. C.		
	N précipité.	N anticorps.	Surnageants.	N précipité.	N anticorps.	Surnageants.
0,0016	0,030	0,028	antic.	0,015	0,013	antic.
0,0032	0,052	0,049	»	0,027	0,0248	»
0,0064	0,069	0,062	o	0,043	0,0366	»
0,0112	0,075	0,0638	?	0,059	0,0478	»
0,0160	0,082	—	antig.	0,067	0,051	»
0,0400	0,038	—	»	0,095	0,055	»
0,0570	—	—	—	0,116	0,059	traces des 2
0,0965	—	—	—	0,146	—	antig.
0,178	—	—	—	0,175	—	»
0,715	—	—	—	0,004	—	»

L'abréviation antic. signifie la présence d'anticorps dans le liquide surnageant le précipité et l'abréviation antig. la présence d'antigène.

Mais la possibilité de la présence d'albumine naturelle mélangée à l'A. F. C. ne paraît pas pouvoir être retenue car, dans ce cas, en ajoutant suffisamment d'A. F. C. à un sérum anti-albumine, on devrait précipiter tous les anticorps; or, nous l'avons vu ⁽¹⁾, il n'en est pas ainsi. La précipitation des immunosérums anti-A. F. C. avec l'albumine et l'A. F. C. pourrait s'expliquer aussi par la présence d'une trace d'impureté peu antigénique, impureté non modifiée par le formol et la chaleur, et les immunosérums

(³) La quantité de complexe antigène-anticorps étant plus élevée avec l'AFC qu'avec l'albumine simplement parce que la molécule d'AFC est plus volumineuse que celle d'albumine.

anti-A. F. C. renfermeraient, en réalité, des anticorps contre cette impureté, d'où la précipitation avec les albumines et les A. F. C. Mais, si tel était le cas, le liquide surnageant le précipité dans les zones d'excès d'anticorps et d'équivalence, dans le système albumine-immunsérum anti-A. F. C., devrait précipiter par addition de sérum anti-albumine. Or, il n'en est rien. Il faut donc admettre que les A. F. C. suscitent chez le Lapin la formation d'anticorps qui précipitent aussi bien avec les albumines naturelles qu'avec les A. F. C. ⁽⁵⁾. Ce fait ne paraît pouvoir s'expliquer qu'en admettant qu'une partie de la topographie de surface de l'albumine n'est pas modifiée par l'action du formol et de la chaleur.

En résumé, l'albumine cristallisée traitée par le formol et la chaleur — dans des conditions données — n'acquiert pas — au contraire du plasma — une nouvelle spécificité antigénique, mais perd presque totalement le pouvoir de susciter la formation d'anticorps précipitants chez le Lapin.

IMMUNOLOGIE. — *Contribution à l'étude de l'action des antibiotiques sur l'immunité.*

III. *Action de la dihydrostreptomycine sur la production d'anticorps vis-à-vis d'un antigène particulaire.* Note (*) de MM. ALDO FARHI et ANDRÉ LAMENSANS, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Chez des lapins immunisés avec des hématies de mouton, le taux des hémolysines est plus élevé si les animaux sont traités par la dihydrostreptomycine.

Dans une Note précédente ⁽¹⁾, nous avons montré que le chloramphénicol exerce une action légèrement défavorable sur la formation des anticorps chez le lapin immunisé avec un antigène particulaire non microbien : hématies de mouton. Le présent travail porte sur l'action de la dihydrostreptomycine chez des lapins soumis à des injections de ce même antigène.

1. TECHNIQUES. — L'expérience a porté sur 30 lapins blancs, mâles, de poids moyen : 2,5 kg, répartis selon les nombres au hasard, en deux groupes de 15 lapins : le groupe A, immunisé, témoin ; le groupe B, immunisé et traité par la dihydrostreptomycine.

Traitement. — Les animaux du groupe témoin A, ont reçu, par voie intramusculaire, deux injections quotidiennes d'eau physiologique apyrogène stérile. Les animaux du groupe B ont reçu, par voie intramusculaire, une solution de sulfate de dihydrostreptomycine dans de l'eau physiologique apyrogène stérile, à raison de 45 mg d'antibiotique par kilogramme de poids et par jour, en deux injections. Le traitement, commencé 24 h avant le début

(*) Séance du 19 décembre 1955.

(1) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1894.

de l'immunisation, fut poursuivi jusqu'au jour précédant le prélèvement de sang.

Les protocoles d'immunisation et de dosages, ainsi que les conditions de vie des animaux ont été les mêmes que ceux indiqués dans notre précédente Note.

2. RÉSULTATS. — Les taux de dilution des sérums, correspondant à 50 % d'hémolyse, sont indiqués dans le tableau suivant :

Groupe A (lapins témoins).				Groupe B (lapins traités).			
Sérum		Sérum		Sérum		Sérum	
n°	Dilution.	n°	Dilution.	n°	Dilution.	n°	Dilution.
3...	1/3 300	23...	1/ 7 100	2...	1/ 7 600	22...	1/14 200
1...	1/4 700	15...	1/10 400	12...	1/10 000	4...	1/15 600
13...	1/5 600	29...	1/11 600	10...	1/10 200	30...	1/18 500
9...	1/6 000	11...	1/12 800	14...	1/10 600	16...	1/19 200
7...	1/6 200	17...	1/18 500	20...	1/10 800	26...	1/22 700
27...	1/6 200	5...	1/23 800	24...	1/11 300	8...	1/29 400
21...	1/7 000	19...	1/29 400	6...	1/13 500	28...	1/29 400
23...	(*)			18...	(*)		
Taux moyen : 1/9 100				Taux moyen : 1/13 500			

(*) Lapin mort au cours de l'expérience.

3. INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS. — L'épreuve statistique du « *t* » test a montré que la différence entre les groupes A et B est nettement significative ($P < 0,02$).

4. CONCLUSION. — Le taux des hémolysines chez des lapins immunisés avec des hématies de mouton est plus élevé si les animaux sont traités par la dihydrostreptomycine.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Constatations morphologiques et sérologiques faites chez des enfants tunisiens atteints de trachome dans l'oasis de Tozeur.*
Note (*) de MM. **PAUL GIROUD**, **GÉRARD RENOUX** et **FRANÇOIS MALNOU**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Sur les frottis de conjonctive d'enfants trachomateux, on met en évidence d'une façon indiscutable des éléments de 200 à 500 μ , colorés en rouge au Macchiavello modifié. Ils ont à peu près la même morphologie, la même évolution que les agents de la psittacose en culture pulmonaire. Certains sérums d'enfants fixent ou agglutinent les antigènes du même groupe.

L'importance considérable du trachome dans divers pays est bien reconnue et, cependant, on discute encore son origine. Les constatations que nous voulons rapporter sont les premiers résultats que nous avons pu obtenir grâce à l'aide du Ministère de la Santé du Gouvernement Tunisien, elles sont morphologiques et sérologiques. Elles concernent des

(*) Séance du 19 décembre 1955.

enfants atteints d'affection aiguë car c'est bien chez eux que l'on peut trouver à l'état le plus pur l'affection originelle.

Constatations morphologiques. — Elles ont été faites sur 13 enfants, dont 10 avaient de 3 à 8 ans. Il y avait 6 filles et 7 garçons : 3 TR I, 4 TR II, 6 TR III. Pour chacun d'entre eux, trois frottis étaient exécutés suivant la technique de Mitsui. Le prélèvement était pratiqué au niveau de la paupière supérieure avec une lamelle qui servait ensuite à l'étalement. La coloration utilisée était un Macchiavello modifié, remplaçant la fuchsine basique par la fuchsine phéniquée de Ziehl, diluée au $1/5^e$, en conservant les autres temps de la technique primitive : lavage, différenciation rapide à l'acide citrique à 0,25 %, lavage et recoloration légère au bleu de méthylène à 1 %. Les frottis sont légèrement bleu violacé. Cette modification rend la différenciation beaucoup plus facile. Dans six cas, on constate des éléments bactériens typiques : bactéries en chaîne, diphtériformes, diplobacilles. A côté de ces éléments, on en voit d'autres rappelant l'aspect de *Rickettsia conjunctivæ bovis* ou ayant des aspects de confetti à la surface des cellules. Pour certains, on voit toute la transition entre la bactérie et l'élément mal défini. Mais ce que l'on voit surtout, dans 9 cas sur 13, ce sont des éléments de 200 à 500 m μ , colorés en rouge rubis, apparaissant d'une façon éclatante sur le bleu léger cellulaire. Ces éléments séparés, arrondis, peuvent être au nombre d'une dizaine, également dispersés dans une cellule sans que le protoplasme subisse de transformation. D'autres fois, au contraire, ces éléments centrent des logettes semblant creuses et qui doivent représenter la nécrose protoplasmique provoquée par la présence de l'élément virulent. Il peut, là aussi, y avoir un certain nombre d'éléments plus ou moins rapprochés, mais au lieu de voir ceux-ci dispersés, phagocytés dans les polynucléaires, on peut avoir dans les grandes cellules épithéliales un amas d'une centaine d'éléments punctiformes, les uns colorés en rouge rubis, les autres légèrement bleutés, ressemblant à s'y méprendre à ceux de la psittacose en culture pulmonaire. Dans la même cellule épithéliale, on peut voir aussi des éléments séparés de même dimension et de même morphologie, le protoplasme ne semblant pas modifié. Dans d'autres frottis, les éléments punctiformes sont dispersés à l'extérieur des cellules et colorés en rouge ou en bleu. On voit aussi des masses de 8 à 12 μ de large, colorées en rouge vif et ayant à leur périphérie une couronne bleutée qui semble représenter le noyau repoussé à la périphérie de la cellule et la cellule elle-même ne contient plus que les éléments virulents. L'interprétation de ces aspects ne peut être faite que si l'on connaît et si l'on a suivi l'évolution complète des rickettsies classiques cultivant sur des organismes ou des membranes plus ou moins sensibles. D'autre part, on constate de véritables colonies colorées en rouge rubis, légèrement allongées, de 3 à 4 μ de long sur 2 de large, semblant operculées

et situées en dehors de toute cellule comme on voit aussi de véritables colonies au cours de l'évolution des rickettsies.

On peut conclure que la technique rapportée permet de dissocier les agents virulents ou leurs représentants des divers grains ou éléments habituellement décrits, mais dont on ne peut affirmer l'origine avec la coloration de May-Grünwald-Giemsa employée classiquement. Les éléments décrits ont une dimension un peu plus grande, la même morphologie et la même évolution que l'agent de la psittacose cultivant dans le poumon.

Tests sérologiques. — Ces constatations morphologiques que nous attendions ne pouvaient que confirmer l'hypothèse d'une affection locale dépendant d'une affection de base générale et dont nous devons donner la preuve sérologique. Dans un premier essai fait en mars 1954 avec J. Jadin sur 24 sérums de trachomateux prélevés par le Docteur Van Laere comprenant des Africains adultes et des enfants déjà âgés, de Kigali (Ruanda-Urundi), nous avons en fixation du complément (fixation cinétique de F. Roger), 1 test positif et 3 douteux vis-à-vis de l'antigène T 13 (psittacose perroquet, culture pulmonaire).

Un deuxième essai fait en janvier 1955 avec des sérums prélevés à notre demande par M. Poleff de Rabat, comprenant des trachomes III et IV chez des adultes, nous avons en fixation 10 réactions négatives sur 10. Devant ces résultats, nous avons eu recours à la technique d'agglutination microscopique que nous considérons comme restant positive plus longtemps. Deux sérums donnaient des réponses douteuses.

Le troisième essai concerne les sérums des enfants prélevés dans l'oasis de Tozeur. Sur 9 sérums, deux sont fortement positifs en fixation du complément sur l'antigène T 13 et 5 sur 10 le sont sur un antigène du même groupe en microagglutination.

Le sérum d'enfants présentant des trachomes aigus et surtout TR II sont positifs en fixation ou en agglutination vis-à-vis d'antigènes du groupe de la psittacose.

ÉCONOMIE RURALE. — *Présence d'une Rickettsiale chez les avortons et nouveau-nés de truies atteintes de Rhinite atrophique.* Note (*) de MM. ABEL BRION et MICHEL FONTAINE, transmise par M. Gaston Ramon.

L'étiologie de la Rhinite atrophique contagieuse du Porc, maladie de la plus haute gravité économique apparue l'an dernier en France ⁽¹⁾, est encore très imprécise. Parmi les éléments du contagion présents dans le

(*) Séance du 19 décembre 1955.

(1) A. BRION et P. COTTEREAU, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 133.

mucus nasal on note, assez constamment, des microbes tels que *Corynebacterium pyogenes* et *Pasteurella multocida*, et un flagellé, *Trichomonas suis*. Mais ces micro-organismes en culture pure se sont révélés, entre nos mains, incapables de reproduire la maladie. Beaucoup plus suggestifs sont les faits qui doivent orienter les recherches vers l'existence d'un ultravirus, d'un P. P. L. O. (*Pleuro-pneumonia-like organism*), ou d'une Rickettsiale. Switzer ⁽²⁾ a pu transmettre une affection ressemblant, quoique moins grave, à la maladie naturelle avec des filtrats obtenus à travers des filtres Selas n° 2; ces filtrats tuent l'embryon de poulet de huit jours, et, dans le liquide péricardique, on voit des corpuscules coccoïdes colorés en bleu par le Macchiavello; le contagio est inhibé par les antibiotiques. Récemment enfin, Done ⁽³⁾ a décrit, dans les cellules des glandes muqueuses de la pituitaire, des inclusions intra nucléaires, les unes relativement grosses (de 8 à 12 μ), en morula, Feulgenpositives, colorées en bleu par le Giemsa, les autres, situées sur le pourtour des premières, plus petites (moins de 3 μ), Feulgen-négatives, colorées en rose par le Giemsa. Cet auteur y voit les témoins d'une infection par un ultravirus.

Nous venons d'observer, chez des avortons et des nouveau-nés de truies atteintes de Rhinite atrophique, des corpuscules qui nous paraissent devoir être considérés comme des Rickettsiales.

Une truie malade a avorté de sept porcelets dans des conditions telles que l'hypothèse d'une infection utérine était bannie (après transport en chemin de fer et camions, et absence de nourriture pendant deux jours). Toutefois, si trois enveloppes sont normales, trois présentent des suffusions hémorragiques et une infiltration œdémateuse en traînées, et la dernière est épaissie et finement granuleuse à sa face interne. Les avortons ont un foie friable, localement dégénéré; le péricarde contient une certaine quantité de liquide séreux; l'épicarde porte des pétéchies; les méninges sont nettement congestionnées.

Dans le foie et le cerveau de tous les avortons, nous remarquons, avec la coloration de Macchiavello, de petits corpuscules intracytoplasmiques, colorés en rouge vif, mesurant de 0,3 à 0,5 μ . Ils sont disposés en amas, ou répartis en couronne autour du noyau. On en compte ainsi de 5 à 50 par cellule. D'autres sont libres dans les préparations. Ces corpuscules sont très nombreux dans le foie, plus rares dans le cerveau.

Une seconde truie met bas, à terme, dix porcelets, dont neuf vivants et un mort; un nouveau-né meurt après quelques heures, et un autre sera écrasé par la mère à l'âge de trois jours. Le porcelet mort-né a le nez dévié sur le côté; ses poumons n'ont pas respiré; la plèvre contient une dizaine

⁽²⁾ *J. Amer. Vet. Med. As.*, 123, 1953, p. 45-47.

⁽³⁾ *The Vet. Rec.*, 67, 1955, p. 525-527.

de centimètres cubes de liquide rosé; les méninges cérébrales sont congestionnées en zone occipitale; le foie est jaune et friable. Le foie des deux autres porcelets morts a le même aspect.

Sur les frottis de foie de ces trois sujets, nous retrouvons, d'une part, les mêmes corpuscules que précédemment; d'autre part, certaines cellules portent, dans leur cytoplasme, des corps granuleux bien plus volumineux, mesurant de 1 à 3 μ de diamètre, ronds ou légèrement ovalaires. Ils sont colorés en bleu foncé par le Macchiavello. On en compte généralement un, parfois deux, par cellule.

Des expériences d'inoculation à l'aide de ce matériel sont en cours chez la Souris et chez le Porcelet nouveau-né. Nous nous proposons également de rechercher ces corpuscules dans les tissus du nez, après décalcification lente des parties osseuses.

Mais étant donné ce que nous savons de l'antibiosensibilité du germe responsable de la Rhinite atrophique, il était possible de supposer que celui-ci est une Rickettsiale. Or, les corpuscules que nous avons vus répondent bien, par leur morphologie double de corps initiaux et de corps élémentaires, par leurs affinités tinctoriales vis-à-vis de la coloration spécifique de Macchiavello, par leur position intra-cytoplasmique, par leurs dimensions, à une classification dans l'ordre des Rickettsiales, famille des *Chlamydozoaceæ*, genre *Chlamydozoon* (synonymes : Néo-Rickettsies, Para-Rickettsies). Le fait que nous les avons trouvés sur des avortons et des nouveau-nés impose une nouvelle théorie étiologique de la Rhinite atrophique, celle de la contamination anté-natale par la mère infectée.

La séance est levée à 16 h 20 m.

R. C.

ERRATA.

(Comptes rendus du 11 juillet 1955.)

Note présentée le même jour, de MM. *Wladyslaw Chodkiewicz*, *Paul Cadiot* et *Antoine Willemart*, Glycols $\alpha.\alpha'$ -diacétyléniques conjugués dissymétriques :

Page 212, 4^e ligne du résumé, au lieu de diacétyléniques, lire monoacétyléniques.

(Comptes rendus du 10 octobre 1955.)

Note présentée le même jour, de MM. *Jean Magné* et *Maurice Mattauer*, Présence de « Bartonien » dans l'Ouarsenis oriental (Algérie) :

Page 974, 13^e ligne, au lieu de Shoklina, lire Shokhina.

» » 23^e ligne, au lieu de Shoklina, lire Shokhina.

» » 26^e ligne, au lieu de *Bolivina modysensis*, lire *Bolivina moodysensis*.

» » 35^e ligne, au lieu de *Uvigerina cf. chavanensis*, lire *Uvigerina cf. havanensis*.

» » 37^e ligne, au lieu de Cushman et Tens, lire Cushman et Renz.

» 975, 10^e ligne, au lieu de Bartonien supérieur ⁽³⁾, lire Bartonien supérieur ⁽⁸⁾ et au lieu de la présence de Miogypsines ⁽³⁾, lire la présence de Miogypsines ⁽²⁾.

